Phys. q. 116. (3

Euler

<36611968200017

<36611968200017

Bayer. Staatsbibliothek

Leonhard Eulers

Briefe

über verschiedene Gegenstände

aus der Naturlehre.

Nach der Ausgabe

der Herren

Condorcet und de la Croix

aufs neue aus dem Französischen übersetzt und mit Anmerkungen, Zusätzen und neuen Briefen vermehrt

von

Friedrich Kries,

Lehrer an dem Gothaischen Gymnasium.

Dritter Band.

Mit drey Kupfertafeln.

Leipzig,

im Verlage der Dyckschen Buchhandlung.

1794.

[illegible]

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhalt

der Briefe des dritten Bandes.

169 Brief. Von der geographischen Länge Seite
Von den Polen, der Achse, und dem
Aequator der Erde. 3

170 — Größe der Erdkugel — Mittags-
kreise. 8

171 — Geographische Breite. Einfluß der-
selben auf die Jahreszeiten und die
Länge der Tage. 13

172 — Parallelkreise. Erster Mittagskreis.
Länge. 18

173 — Ueber die Wahl des ersten Mittags-
kreises. 23

174 — Mittel die Breite eines Orts zu fin-
den. Polhöhe. 29

175 — Die Lage eines Orts aus der Länge
und Richtung des zurückgelegten
Weges zu bestimmen. 34

176 — Fortsetzung. Fehler dieser Methode. 40

177 — Bestimmung der Länge durch Hülfe
einer vollkommenen Uhr. 44

178 Brief. Fortsetzung. Von den Bemühungen verschiedener Künstler vollkommene Uhren zu verfertigen. 50

17 — Mondfinsternisse, ein drittes Hülfsmittel zur Bestimmung der Länge. 59

180 — Sonnenfinsternisse, noch mehr, Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, als Mittel zur Auffindung der Länge. 65

181 — Bewegung des Mondes, ein fünftes Mittel. 71

182 — Vorzüge des letztern Mittels vor den übrigen. — 76

183 — Kurze Uebersicht der verschiedenen Methoden zur Bestimmung der Länge. Von der Magnetnadel und dem Schiffscompas. 82

184 — Abweichung der Magnetnadel. 88

185 — Veränderlichkeit der Richtung der Magnetnadel an demselben Ort. 93

186 — Halley's Charte der magnetischen Abweichungen. Gebrauch derselben zur Bestimmung der Länge. 99

187 — Magnetische Pole. Ursache der Richtung der Magnetnadel, und ihrer Veränderlichkeit. 105

189 — Fortsetzung. 111

189 Brief. Neigung der Magnetnadel. Seite 116
190 — Bestimmung der magnetischen Richtung für einen jeden Ort. Ursache der magnetischen Wirkungen. 123
191 — Magnetische Materie; magnetische Kanäle; Bewegung der erstern. 128
192 — Magnetischer Wirbel. Wirkung zweyer Magnete auf einander. 134
193 — Künstliche Magnete. 141
194 — Fortsetzung. 147
195 — Bewaffnung der Magnete. 152
196 — Stärke der bewaffneten Magnete. 158
197 — Vom einfachen Strich. 163
198 — Vom doppelten Strich. 170
199 — Wie man durch Hülfe mehrerer Stäbe die stärksten künstlichen Magnete machen könne. 176
200 — Magnete in Gestalt eines Hufeisens. 181
201 — Theorie der magnetischen Erscheinungen. 186
202 — Fortsetzung. Magnetometer. 195
203 — Von den Luftarten im allgemeinen. 205
264 — Atmosphärische Luft. 210
205 — Bereitung und Eigenschaften der dephlogistisirten Luft. 216

206 Brief. Gebrauch derselben. Mittel zur Reinigung der Luft. Seite 222
207 — Phlogistische Luft. 228
208 — Entstehung der fixen Luft. Eigenschaften derselben. 234
209 — Fortsetzung. Sauerbrunnen. Parkersche Maschine. 240
210 — Brennbare Luft. Knall-Luft. Elektrische Pistole. Elektrische Lampe. 245
211 — Erzeugung des Wassers aus dephlogistisirter und brennbarer Luft. 253
212 — Brennbare Luft findet sich häufig in der Natur. Sumpfluft. Irrwische. 260
213 — Luftschifffahrt. Erklärung einiger hydrostatischen Lehrsätze, die darauf Bezug haben. 266
214 — Fortsetzung. 272
215 — Anwendung jener Lehrsätze auf die Luftschiffe. — Luftbälle im Zimmer. 278
216 — Luftschiff und Luftreise der HH. Harles und Robert. — Montgolfier's Erfindung. 284
217 — Von der Salpeterluft und dem Eudiometer. 290

218 Brief. Vom Feuer. Unterschied zwi- Seite
schen Wärmestoff, Feuer und Licht.
Ausdehnung der Körper durch den
Wärmestoff. 296
219 — Folge der Ausdehnung bey verschie-
denen Körpern. Galgenartiges Pen-
del. 304
220 — Thermometer. 310
221 — Fortsetzung. Wegdwood's Pyrome-
ter. 318
222 — Bestreben des Wärmestoffes sich ins
Gleichgewicht zu setzen. Leitungs-
fähigkeit der Körper. 326
223 — Von der Temperatur, die bey der
Vermischung zweyer Flüssigkeiten
von verschiedenen Graden der Wär-
me entsteht. Verschiedenheit der
Capazitäten. 333
224 — Ursache der verschiedenen Capazitä-
ten. Veränderungen der Wärme
aus Veränderungen der Capazitäten.
— Schmelzen des Eises. Ge-
walt desselben bey seiner Entste-
hung. 341
225 — Von den Dämpfen. 348
226 — Fortsetzung. Kochen des Wassers.
Papinianischer Topf. Dampfma-

schinen. Dämpfe in Treibhäusern. Seite
Wilke's Luftpumpe. 357
227 Brief. Beschluß der Materie von den Dämpfen. Kälte durch Verdampfung. Grosse Hitze die der menschliche Körper aushalten kann. 365
228 — De Lüc's Erklärung von der Beschaffenheit des Wärmestoffes, des Feuers und des Lichts. 378
229 — Gründe, die diese Erklärung unterstützen. 379
230 — Vom Verbrennen der Körper. 387
231 — Von der Verkalchung der Metalle. Vom Brennen des Holzes, der Lichter und Lampen. 395
232 — Von den Mitteln das Feuer zu löschen. Von der ursprünglichen Wärme. Von der Wärme des menschlichen Körpers. 400

Briefe

Briefe

an

eine deutsche Fürstinn,

über verschiedene Gegenstände

aus der Naturlehre.

Dritter Band.

9 1 3 1 3 CP

Hundert und neun und sechzigster Brief.

Indem ich jetzt zu einer neuen Materie fortgehen soll, befinde ich mich in einiger Verlegenheit über die Wahl derselben. Ich glaube mich nehmlich auf solche Gegenstände einschränken zu müssen, die ein allgemeineres Interesse haben, von denen in Büchern häufig etwas vorkommt, und die deshalb von Personen von Stande und von Erziehung gekannt zu werden verdienen.

Ohne Zweifel haben Ew. Hoheit schon öfters von der berühmten Aufgabe, die Länge zu finden, gehört, auf deren Beantwortung die Engländer so große Preise gesetzt haben. Ich hoffe daher, nicht unrecht zu thun, wenn ich es versuche, Dieselben mit dem Sinn dieser wichtigen Frage bekannt zu machen, die man verstehen muß, wenn man sich eine richtige Vorstellung von unserer Erdkugel machen will. Ich werde dabey zugleich Gelegenheit haben, mancherley wissenswerthe Sachen zu erläutern, deren Kenntniß Ew. H. gewiß nicht unangenehm seyn wird.

Wir betrachten unsere Erde als eine vollkommene Kugel, ob man gleich in neuern Zeiten gefunden hat, daß sie eigentlich an zwey entgegengesetzten Stellen etwas eingedrückt ist: denn dieß beträgt so wenig, daß wir hier nicht nöthig haben, darauf Rücksicht zu nehmen.

Zuerst müssen wir auf der Oberfläche der Erdkugel die beyden Punkte bemerken, welche man die Pole der Erde nennt. Um diese Punkte dreht sich die Erde beständig, nicht anders als eine Kugel, die zwischen den Spitzen einer Drechselbank herumgedreht wird. Diese Umdrehung nennt man die tägliche Bewegung der Erde, weil sie ungefähr in 24 Stunden vollendet wird. Oder wenn wir uns so ausdrücken wollen, wie es der Schein der Sache mit sich bringt, so müssen wir sagen, daß sich der Himmel, der uns als eine hohle Kugel erscheint, in deren Mitte sich die Erde befindet, um die letztere in 24 Stunden herumdrehe, und daß diese Bewegung ebenfalls um zwey feste Punkte geschehe, welche die Pole des Himmels oder die Weltpole heißen. Denkt man sich nun eine gerade Linie von einem dieser Pole bis zu dem andern, so wird diese mitten durch die Erde gehen.

Ew. H. sehen leicht ein, daß die Erscheinungen am Himmel einerley seyn müssen, die Erde mag sich um ihre Pole drehen, und der Himmel in Ruhe blei-

ben, oder der Himmel mag sich um seine Pole dre-
hen, und die Erde in Ruhe seyn. Beyde Arten,
die Sache zu betrachten, führen uns auf die Kennt-
niß der Pole der Erde, worauf in der Astronomie,
wie in der Geographie, so viel ankommt.

Es stelle die erste Figur auf der ersten Tafel die Erdkugel vor, und die Punkte S und N mögen ihre Pole seyn. Der erstere, S wird der Südpol, der andere, N der Nordpol genannt; der letztere ist den Gegenden, die wir bewohnen, am nächsten.

Wir bemerken, daß diese beyden Pole einander gerade entgegengesetzt sind, so daß, wenn man von dem einen zu dem andern eine gerade Linie NS durch das Innere der Erde zöge, sie durch die Mitte C, oder durch den Mittelpunkt der Erde gehen würde. Diese gerade Linie heißt mit einem eigenen Namen die Erdachse. Verlängert man sie von beyden Seiten bis an den Himmel, so trifft sie genau in die Punkte, welche man die Pole des Himmels nennt, und welche einerley Namen mit den Erdpolen haben.

Die beyden Erdpole sind nicht blos in der Einbildung vorhanden, oder als eine pure Erdichtung der Astronomen und Geographen anzusehen; es sind vielmehr sehr wesentliche, auf der Oberfläche der Erde hinlänglich bezeichnete Punkte. Wir wissen, daß je näher man ihnen kommt, die Gegenden desto käl-

ter werden, und daß die Länder, die zunächst um dieselben herum liegen, wegen der außerordentlichen Kälte, die daselbst herrscht, ganz unbewohnbar sind. Auch hat man noch kein Beyspiel, daß ein Reisender, zu Lande oder zu Wasser, bis zu einem derselben vorgedrungen wäre; und man kann daher behaupten, daß diese beyde Orte der Erde ganz unzugänglich sind.

Hat man auf diese Art die beyden Pole N und S bestimmt, so denke man sich die ganze Erde in zwey Halbkugeln, DNE und DSE getheilt, die beyde in ihrem Gipfel einen Pol enthalten. Man stelle sich nur vor, die Erde sey durch den Mittelpunkt C in einer auf die Achse senkrecht gehenden Richtung durchschnitten, so wird dieser Durchschnitt auf der Oberfläche einen Kreis bilden, der durchaus von beyden Polen gleich weit entfernt ist. Dieser Kreis, der mitten um die Erde herumgeht, heißt der Aequator. In den Ländern, die ihm am nächsten liegen, ist es sehr heiß, und sonst glaubte man gar, daß sie deßhalb ganz unbewohnbar wären; heutigstags aber wissen wir, daß sie, der großen Hitze ungeachtet, doch stark bewohnt sind.

Je weiter man sich von dem Aequator, nach der einen oder der andern Seite hin, entfernt, desto mehr nimmt die Hitze ab, die Gegenden werden immer gemäßigter, bis man endlich, wenn man den Polen

sehr nahe kommt, eine Kälte antrift, die fast nicht auszuhalten ist.

Da der Aequator die Erde in zwey Halbkugeln theilt, so hat man eine jede nach dem Pole benannt, der sich in ihr befindet; die eine, DNE, welche den Nordpol enthält, heißt die nördliche Halbkugel; in dieser liegt ganz Europa, fast ganz Asien, ein Theil von Afrika, und ungefähr die Hälfte von Amerika. Die andere, DSE, heißt die südliche Halbkugel; sie enthält den größten Theil von Afrika, die andere Hälfte von Amerika, und eine Menge Inseln, die man zu Asien rechnet, wie Ew. H. oft auf der Landcharte werden gesehen haben *)
Den 18. Aug. 1761.

*) Euler muß die Charte nicht zur Hand gehabt haben, da er dieß schrieb, denn schon ein flüchtiger Blick auf dieselbe würde ihm gezeigt haben, daß das ganze feste Land von Asien und bey weitem der größere Theil von Afrika in der nördlichen Halbkugel liegen. — In die südliche Halbkugel müssen wir noch Australien oder Neuholland mit den zwischen diesem Lande und der westlichen Küste des südlichen Amerika liegenden Inseln setzen. A. d. U.

Hundert und siebenzigster Brief.

Wenn man einmal den Begriff von den Polen und dem Aequator recht gefaßt hat — die man sich freylich auf einer Kugel besser vorstellen kann, als ich sie in der Figur auszudrücken im Stande bin — so läßt sich das übrige, was ich hier noch zu erklären habe, leicht verstehen.

Die Erdachse, die von einem Pol zum andern durch den Mittelpunkt geht, ist ein Durchmesser der Erdkugel, und folglich noch einmal so groß, als ein Halbmesser derselben. Man schätzt die Größe des Halbmessers, oder die Entfernung von einem Punkt der Oberfläche der Erde bis zum Mittelpunkt, auf 860 geographische Meilen, und also wird die Achse 1720 Meilen betragen. Ferner, da der Aequator ein Kreis ist, dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der Erdkugel zusammenfällt, so muß der Halbmesser desselben ebenfalls 860, und der Durchmesser 1720 Meilen groß seyn; sein ganzer Umfang aber wird 5400 Meilen ausmachen; das heißt, wenn man eine Reise um die Erde auf dem Aequator machen wollte, so würde man einen Weg von 5400 Meilen zurücklegen müssen. Hieraus kann man sich ungefähr einen Begriff von der Grösse der Erde bilden.

Da in der Geometrie alle Kreise in 360 gleiche Theile oder Grade eingetheilt werden, so hat man

auch den Aequator auf eben diese Art eingetheilt. Ein Grad desselben beträgt gerade 15 geographische Meilen, denn 15 mal 360 machen 5400.

Ein jeder Grad wird wieder in 60 gleiche Theile, welche Minuten heißen, eingetheilt; ein solcher Theil des Aequators macht also eine Viertelmeile oder ungefähr 6000 Fuß; und eine Sekunde, die der sechzigste Theil einer Minute ist, hält 100 Fuß.

Da man eine Kugel auf dem Papier unmöglich anders, als durch einen Kreis vorstellen kann, so werden Ew. H. das Mangelhafte der Darstellung durch Hülfe der Einbildungskraft verbessern. Sind also N und S (Fig. 2) die beyden Pole der Erde, N der nördliche, S der südliche, so wird DMRE den Aequator, oder vielmehr nur die gegen uns gekehrte Hälfte desselben, vorstellen, indem wir die andere, die auf der entgegengesetzten Seite liegt, nicht sehen können.

Die Linie DMRE stellt uns also eben so gut einen halben Kreis vor, als NDS und NES; und alle diese Halbkreise haben ihren Mittelpunkt in C, in dem Mittelpunkt der Erdkugel. Außer diesen kann man sich noch eine unendliche Menge von Halbkreisen denken, die alle von einem Pol zum andern gehen, und den Aequator ein jeder in einem andern Punkt durchschneiden, wie NMS, NRS. Diese wer-

den alle den ersten Halbkreisen NDS und NES gleich seyn, ob sie gleich in der Figur sehr verschieden aussehen, die Einbildungskraft muß uns hier zu Hülfe kommen, denn auf einer wirklichen Kugel kann uns der Augenschein leicht davon überzeugen.

Alle diese Halbkreise, die von einem Pol zum andern gehen und den Aequator durchschneiden, werden Mittagskreise oder Meridiane genannt. Ein Mittagskreis ist also nichts anders als ein Halbkreis, der auf der Oberfläche der Erde von einem Pol zum andern gezogen ist; und Ew. H. sehen leicht ein, daß, wenn man irgend einen Ort, z. B. den Punkt L, auf der Oberfläche der Erde annimmt, man sich immer einen Mittagskreis, NLMS, vorstellen kann, der durch die Pole und durch den Ort L geht. Man nennt alsdenn diesen Mittagskreis, den Mittagskreis des Ortes L. Wäre L z. B. Berlin, so würde der Halbkreis NLMS der Mittagskreis von Berlin seyn; und eben so ists mit allen andern Orten der Erde.

Wenn Ew. H. sich eine Kugel vorstellen, auf welcher die ganze Oberfläche der Erde, das feste Land sowohl als das Meer mit seinen Inseln verzeichnet ist, so haben Sie das, was man eine künstliche Erdkugel oder einen Erdglobus nennt, dergleichen Ew. H. oft genug gesehen haben werden. Alle Mittagskreise, die man sich nur darauf gedenken

kann, und deren eine große Anzahl wirklich darauf bemerkt sind, werden durch den Aequator in zwey gleiche Theile getheilt, wovon ein jeder den vierten Theil eines Kreises, das heißt, einen Bogen von 90 Graden ausmacht. Also sind ND, NM, NR, NE Viertelkreise oder Quadranten so gut wie SD, SM, SR und SE; ein jeder enthält also 90 Grad; man kann noch hinzusetzen, daß ein jeder senkrecht auf dem Aequator steht, oder mit ihm rechte Winkel macht.

Wenn man von einem Punkt des Aequators M nach dem Pol N reisen wollte, so würde der kürzeste Weg seyn, den Mittagskreis MLN zu verfolgen; und da dieser ein Bogen von 90 Graden ist, und auf einen Grad 15 geographische Meilen gehen, so müßte man 1350 Meilen machen, um von dem Aequator bis zu dem Pol zu gelangen.

Ew. H. erinnern sich, daß der kürzeste Weg von einem Ort zum andern die gerade Linie ist, die durch beyde geht. Hier würde die gerade Linie von M nach N durch das Innere der Erde gehen, ein Weg, den man unmöglich nehmen könnte, weil wir so sehr an die Oberfläche der Erde gebunden sind, daß wir uns nicht viel davon entfernen können. Es ist also ganz etwas anders, den kürzesten Weg zwischen zwey Orten auf einer Ebene, und auf der Oberfläche einer Kugel oder der Erde zu bestimmen. Hier ist der kürzeste Weg nicht mehr eine gerade Linie, son-

dern ein Bogen, der von dem einen Orte nach dem andern geht, und dessen Mittelpunkt genau in den Mittelpunkt der Kugel fällt. Dieß stimmt auch vollkommen mit dem Fall überein, von dem hier die Rede ist; denn der Bogen des Mittagskreises MLN, von dem ich gesagt habe, daß er der kürzeste Weg von M nach N sey, ist wirklich ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in dem Mittelpunkt der Erde liegt.

Nehmen wir den Punkt L, der in dem Mittagskreise NLMS liegt, so wird der kürzeste Weg von da nach dem Pol N, der Bogen LN seyn; und weiß man, wie viel Grade dieser hat, so kann man die Länge des Weges leicht finden, wenn man nur auf jeden Grad 15 Meilen rechnet. Wollte man aber von L nach dem Aequator reisen, und den kürzesten Weg gehen, so müßte man dem Bogen des Mittagkreises LM folgen, dessen Grade, jeder zu 15 Meilen gerechnet, die Länge des Weges geben würden.

Man begnügt sich gemeiniglich, diese Wege in Graden auszudrücken, weil es so leicht ist, diese in Meilen zu verwandeln, die Meilen selbst aber in verschiedenen Ländern so sehr verschieden sind. Wenn man also Berlin für den Ort L nimmt, so beträgt der Bogen LM, wie man aus Beobachtungen weiß, 52 und einen halben Grad, und der kürzeste Weg von Berlin nach dem Aequator wäre 787 und eine halbe geographische Meile. Hingegen wollte man

von Berlin nach dem Nordpol N gehen, so müßte man den Weg des Bogens NL nehmen, welcher 37 und einen halben Grad, oder 562 und eine halbe Meile enthält. Beyde Wege zusammen geben 1350 Meilen als die Länge des Bogens NLM, welches ein Kreisbogen von 90 Graden ist, der, wie wir vorhin gesehen haben, 1350 Meilen beträgt. Den 22. Aug. 1761.

Hundert und ein und siebenzigster Brief.

Ich fange noch einmal von derselben Figur an, (Fig. 3.) die Ew. H. schon ziemlich bekannt seyn wird. Der ganze Kreis NDSE stellt die Erdkugel vor, die Punkte N und S ihre beyden Pole, N den nördlichen, S den südlichen; und die gerade Linie NS, die in dem Innern der Erde durch den Mittelpunkt C geht, die Achse. Ferner ist DME der Aequator, der die Erde in zwey Halbkugeln theilt, in die nördliche DNE, und in die südliche DSE.

Nehmen wir nun irgend einen Ort auf der Oberfläche der Erde an, z. B. L, und ziehen einen Halbkreis NLMS, der durch die beyden Pole und durch L geht, so erhalten wir den Mittagskreis dieses Ortes. Dieser Mittagskreis wird durch den Aequator

in M geschnitten, und dadurch in zwey gleiche Theile getheilt, wovon ein jeder den vierten Theil eines Kreises ausmacht oder 90 Grad enthält. Ferner bemerke ich, daß der Bogen LM des Mittagskreises die Entfernung des Orts L vom Aequator, und der Bogen LN die Entfernung desselben von dem Pol N bestimmt.

Dieß vorausgeschickt, muß ich noch erinnern, daß man den Bogen LM, oder die Entfernung von L bis zu dem Aequator, die Breite des Orts L nennt. Unter der Breite eines Ortes auf der Erde wird also nichts anders verstanden, als der Bogen des Mittagskreises, der zwischen diesem Ort und dem Aequator enthalten ist; oder die Breite eines Orts ist so viel als die Entfernung desselben vom Aequator; und man drückt diese Entfernung in Graden aus, von denen wir schon wissen, daß ein jeder 15 geographische Meilen beträgt.

Man muß aber dabey unterscheiden, ob der Ort in der nördlichen oder in der südlichen Halbkugel liegt; im erstern Fall sagt man, er habe eine nördliche, im letztern hingegen, eine südliche Breite.

Wenn z. B. die Frage von Berlin wäre, so würde man sagen, daß seine nördliche Breite 52 Grad und 31 Minuten sey. Eben so ist auch die Breite von Magdeburg nördlich und beträgt 52 Grad und

und 19 Minuten. Batavia hingegen in Ostindien hat eine südliche Breite von 6 Graden und 15 Minuten; ingleichen das Vorgebirge der guten Hoffnung in Afrika, dessen südliche Breite 34 Grad 15 Minuten beträgt.

Im Vorbeygehen merke ich hier an, daß man zur Abkürzung anstatt des Worts Grad eine kleine Null (°) oben zur Rechten der Zahl setzt, anstatt Minuten einen kleinen Strich (′) und wenn Secunden vorkommen, zwey solche Striche (″). So drückt man z. B. die Breite der Pariser Sternwarte auf folgende Art aus: 48° 50′ 10″ N. das heißt, 48 Grad, 50 Minuten 10 Secunden nördlich. In Peru ist ein Ort, Ulo genannt, dessen Breite man 17° 36′ 15″ S. oder 17 Grad, 36 Minuten, 15 Sekunden südlich, gefunden hat. Hieraus sehen Ew. H., daß, wenn es von einem Ort hieße, daß seine Breite 0° 0′ 0″ wäre, er genau unter dem Aequator selbst liegen müßte, weil seine Entfernung von demselben Null ist oder nichts beträgt; und in diesem Fall hat man nicht nöthig, den Buchstaben N oder S. hinzuzusetzen. Käme man hingegen an einen Ort, dessen Breite 90° N. wäre, so würde dieß gerade der Nordpol der Erde selbst seyn, der von dem Aequator um den vierten Theil eines Kreises oder 90 Grade entfernt ist. Nunmehr werden Ew. H. vollkommen verstehen, was die Breite eines Orts

heißt, und warum man sie in Graden, Minuten und Sekunden ausdrückt.

Es ist sehr wichtig, die Breite der Oerter zu wissen, nicht nur um einem jeden seinen richtigen Platz auf der Charte anzuweisen, sondern weil auch die Jahreszeiten, die Länge der Tage und Nächte, und folglich die Temperatur eines jeden Orts davon abhängen. In den Gegenden, die unter dem Aequator liegen, findet fast gar keine Veränderung der Jahreszeiten statt, und das ganze Jahr hindurch sind Tag und Nacht daselbst einander gleich. Deswegen wird der Aequator auch die Aequinoctiallinie genannt. Je weiter man sich aber von dem Aequator entfernt, desto größer wird auch die Verschiedenheit der Jahreszeiten, und desto länger werden die Tage im Sommer, und die Nächte im Winter.

Ew. H. wissen, daß die längsten Tage am Anfange des Sommers, um den 21sten Junius herum sind, folglich sind alsdann die Nächte am kürzesten. Im Gegentheil sind am Anfange des Winters, um den 21sten December, die Tage am kürzesten, und die Nächte am längsten; und an einem jeden Orte sind der längste Tag und die längste Nacht einander gleich. Die Dauer des längsten Tages aber hängt von der Breite des Orts ab. In Berlin z. B. hat der längste Tag 16 Stunden und 38 Minuten, und folglich der kürzeste im Winter 7 Stunden und 22

Minu-

Minuten. In den Orten, die näher nach dem Aequator liegen, oder deren Breite geringer ist, als die Breite von Berlin, hat der längste Tag im Sommer weniger als 16 Stunden 38 Minuten, und der kürzeste im Winter mehr als 7 Stunden 22 Minuten. Das Gegentheil findet an den Orten Statt, die weiter vom Aequator entfernt sind; in Petersburg z. B. dessen Breite 60° ist, hat der längste Tag 18 Stunden 30 Minuten, und folglich ist die Nacht alsdann nur 5 Stunden 30 Minuten lang; dagegen hat die längste Nacht im Winter 18 Stunden 30 Minuten, und der Tag alsdann nur 5 Stunden 30 Minuten. Entfernt man sich noch weiter vom Aequator, und kommt an einen Ort, dessen Breite 66° 30″ ist, so beträgt der längste Tag gerade 24 Stunden, oder die Sonne geht alsdann nicht unter; im Winter aber dauert dafür die längste Nacht 24 Stunden, oder die Sonne geht alsdann nicht auf. In Gegenden, die noch weiter von dem Aequator entfernt sind, und folglich näher bey dem Pol liegen, wie z. B. in Wardhuus im schwedischen Lappland, dauert dieser längste Tag von 24 Stunden mehrere Tage nach einander fort, in welcher Zeit die Sonne gar nicht untergeht, dagegen ist die längste Nacht, wo die Sonne gar nicht aufgeht, von derselben Dauer.

Wenn wir zum Pol selbst kommen könnten, so würden wir daselbst ein halbes Jahr lang ununterbrochen Tag, und das andere halbe Jahr Nacht haben. Aus dieser Betrachtung können Ew. H. schließen, wie wichtig es ist, die Breite der Oerter der Erde gehörig zu kennen. Den 22. Aug. 1761.

Hundert und zwey und siebenzigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß, wenn man den Mittagskreis eines bestimmten Orts L finden will, man auf der Oberfläche der Erde einen Halbkreis, NLMS ziehen muß, der durch die beyden Pole N und S und durch den gegebenen Ort L geht. Es fällt leicht in die Augen, daß es noch eine Menge anderer Orte giebt, durch welche derselbe Mittagskreis hindurchgeht, theils in der nördlichen Halbkugel zwischen N und M, theils in der südlichen zwischen M und S; von diesen sagt man: daß sie unter einerley Mittagskreis liegen.

Alle Orte aber, die unter einerley Mittagskreis liegen, sind in der Breite von einander verschieden; einige liegen näher, andere weiter vom Aequator. So geht der Mittagskreis von Berlin noch durch

Meißen, beynahe durch den Hafen von Trieſt, und durch viele andere minder merkwürdige Orte.

Eben ſo können viele Orte einerley Breite haben, oder gleich weit vom Aequator entfernt ſeyn, aber ſie liegen alsdann unter verſchiedenen Mittagskreiſen. Wenn L (Fig. 4,) die Stadt Berlin bedeutet, deren Breite oder Entfernung vom Aequator, LM, 52° 31′ iſt, ſo kann man unter jedem andern Mittagskreiſe, NRS, einen Ort I annehmen, deſſen Breite oder Bogen IR gleichfalls 52° 31′ beträgt; und eben dieſe Breite haben die Punkte F und G in den Mittagskreiſen NDS und NES. Und da man durch einen jeden Punkt des Aequators einen Mittagskreis ziehen kann, in welchem es einen Ort geben muß, deſſen Breite der Breite von Berlin oder von L gleich iſt, ſo laſſen ſich unzählige Orte finden, die alle einerley Breite haben. Sie werden insgeſammt in einem Kreiſe FLIG liegen, deſſen Punkte alle gleich weit vom Aequator entfernt ſind, und der deßhalb ein Parallelkreis des Aequator, oder ſchlechtweg ein Parallelkreis genannt wird. Ein Parallelkreis auf der Erde heißt alſo nichts anders, als ein Kreis, der dem Aequator parallel läuft, oder deſſen Punkte alle gleich weit von dem Aequator entfernt ſind. Hieraus iſt von ſelbſt klar, daß alle Punkte eines Parallelkreiſes auch von einem jeden Pol gleich weit entfernt ſind.

Da man durch einen jeden Ort auf der Erde einen solchen Parallelkreis ziehen kann, so lassen sich eine unendliche Menge derselben gedenken, die alle in Ansehung ihrer Breite verschieden sind.

Auch werden Ew. H. leicht wahrnehmen, daß je größer die Breite ist, oder je mehr man sich den Polen nähert, die Parallelkreise immer kleiner werden, bis sie sich endlich in den Polen selbst, oder in einer Breite von 90°, in einem einzigen Punkt verlieren. Je näher man im Gegentheil dem Aequator kommt, oder je kleiner die Breite wird, desto größer werden die Parallelkreise, und endlich fallen sie mit dem Aequator zusammen, wenn die Breite Null oder nichts ist. Man unterscheidet sie daher auch durch die Breite; so ist z. B. der Parallelkreis von 30° derjenige, welcher durch alle Oerter geht, deren Breite 30° beträgt, wobey man nur noch hinzuzusetzen braucht, ob die Breite nördlich oder südlich ist.

Wenn Ew. H. die Landcharte zur Hand nehmen, so werden Sie finden, daß Hannover und Berlin auf demselben Parallelkreise liegen; die Breite von beyden ist 50° 31′; eben so fallen die Städte Braunschweig und Amsterdam auf einerley Parallelkreis, die Mittagskreise aber, die durch diese Orte gehen, sind ganz verschieden. Kennt man nun sowohl den Mittagskreis, als den Parallelkreis, unter welchem

ein Ort liegt, so kennt man seine Stelle auf der Erde genau. Wenn man uns z. B. sagte, daß ein gewisser Ort unter dem Mittagskreis NRS und unter dem Parallelkreis FLG läge, so dürfte man nur sehen, wo diese beyden Kreise einander schneiden; der Durchschnittspunkt I giebt alsdann die wahre Stelle des Ortes.

Eben dieses Mittels bedienen sich die Geographen, um die wahre Lage aller Oerter anf der Erde zu bestimmen. Es wird dazu nichts weiter erfordert, als daß man ihren Parallelkreis oder ihre Breite, und den dazu gehörigen Mittagskreis kennt. Was den Parallelkreis betrift, so ist es nicht schwer, ihn zu bestimmen, und ihn von allen andern zu unterscheiden; man darf nur seine Breite oder seine Entfernung vom Aequator angeben, die entweder nördlich oder südlich seyn wird. Wie wird man aber einen Mittagskreis beschreiben, und ihn von allen andern unterscheiden können? Sie sehen alle einander vollkommen ähnlich, sie sind alle gleich groß, und keiner hat ein wesentliches Merkmal, wodurch er sich von den übrigen unterscheidet. Es hängt also ganz von unserer Willkühr ab, irgend einen Mittagskreis zu wählen und festzusetzen, um die übrigen darnach zu bestimmen. Wenn man z. B. in der am Anfange dieses Briefes angezeigten Figur, den Mittagskreis NDS wählte, so würde es

leicht seyn, uns einen jeden andern, wie NMS, zu bezeichnen; man dürfte uns nur vom Aequator den Bogen DM, der zwischen dem festgesetzten Mittagskreis NDS und dem andern NMS enthalten ist, angeben, und hinzusetzen, von welcher Seite des festgesetzten Mittagskreises man den Bogen DM zu nehmen hätte, ob gegen Morgen (Osten) oder gegen Abend (Westen).

Man nennt diesen festgesetzten Mittagskreis, nach welchem die übrigen bestimmt werden, den ersten Mittagskreis, und da die Wahl desselben willkührlich ist, so werden Ew. H. sich nicht wundern, daß die verschiedenen Nationen darin nicht einstimmig sind. Die Franzosen haben Ferro, eine der kanarischen Inseln, hierzu gewählt, und ziehen ihren ersten Mittagskreis durch diese Insel. Die Deutschen und die Holländer lassen ihren durch eine andere von den kanarischen Inseln, durch Teneriffa gehen. Man mag nun aber den Franzosen oder den Deutschen folgen, so muß man immer den Punkt auf dem Aequator genau bemerken, durch welchen der erste Mittagskreis geht; von diesem Punkt an werden die Punkte, durch welche die übrigen Mittagskreise gehen, nach Graden bestimmt; und darin stimmen die Franzosen und die Deutschen überein, daß sie die Grade von Abend gegen Morgen zählen.

Wäre also der Halbkreis NDS in unserer Figur der erste Mittagskreis, und die Punkte M und R lägen gegen Morgen, so brauchte man nur die Größe des Bogens DM zu bestimmen, um den Mittagskreis NMS zu bezeichnen; und dieser Bogen wird die Länge nicht nur des Punktes M, sondern aller Orte, die unter dem Mittagskreis NMS liegen, genannt. Wäre die Frage von den Orten, die unter dem Mittagskreis NRS liegen, so würde ihre Länge durch den Bogen des Aequators DR, in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückt, bestimmt werden. Den 29. Aug. 1761.

Hundert und drey und siebenzigster Brief.

Ew. H. werden jetzt vollkommen verstehen, was man Breite und Länge eines Ortes auf der Erde nennt. Die Breite rechnet man auf dem Mittagskreise, von dem gegebenen Ort bis zum Aequator, oder sie ist die Entfernung von dem Parallelkreise, der durch den Ort gehet, bis zu dem Aequator, und um sich ganz bestimmt auszudrücken, muß man hinzusetzen, ob diese Entfernung oder Breite nördlich oder südlich ist.

Was die Länge betrift, so muß man sehen, wie weit der Mittagskreis des gegebenen Ortes von dem ersten Mittagskreise entfernt ist; und man rechnet diese Entfernung auf dem Aequator, indem man von dem ersten Mittagskreise anfängt, und immer gegen Morgen bis zu dem gegebenen fortgeht; oder die Länge eines Orts heißt die Entfernung seines Mittagskreises von dem ersten Mittagskreise, wenn man die Grade auf dem Aequator auf die Art, wie ich es eben gesagt habe, zählt.

Man zählt also von dem ersten Mittagskreise immer gegen Morgen fort, und Ew. H. sehen wohl ein, daß, wenn man bis auf 360 Grade gezählt hat, man genau wieder zu dem ersten Mittagskreise zurückgekommen seyn wird, weil der ganze Umfang des Aequators 360 Grade hat. Wenn es also von einem Ort hieße, daß seine Länge 359° wäre, so würde der Mittagskreis dieses Ortes nur einen Grad von dem ersten Mittagskreise entfernt seyn, aber gegen Westen oder gegen Abend gerechnet; eben so würde eine Länge von 350° und eine Entfernung von 10° gegen Abend einerley seyn. Man zählt daher bey der Bestimmung der Längen, um alle Zweydeutigkeit zu vermeiden, immer gegen Morgen bis zu 360° fort.

Ew. H. werden unstreitig wissen wollen, warum die Geographen den ersten Mittagskreis gerade

durch eine der kanarischen Inseln gezogen haben? Dieß kommt daher, weil man ihn nach der äußersten westlichen Grenze von Europa bestimmen wollte. Da nun die kanarischen Inseln, die im atlantischen Meere westwärts von Spanien liegen, zu Europa gerechnet werden: so hat man es für schicklich gehalten, den ersten Mittagskreis durch die äußerste dieser Inseln gehen zu lassen, damit man die übrigen Mittagskreise sowohl durch ganz Europa, als durch Asien, ununterbrochen fortzählen könnte. Und fährt man auf diese Art fort, gegen Morgen zu zählen, so kommt man nach Amerika, und von da endlich wieder zum ersten Mittagskreis zurück.

Welcher von den kanarischen Inseln aber sollte man den Vorzug geben? Einige französische Geographen wählten Ferro, und die Deutschen Teneriffa; weil man damals von der wahren Lage dieser Inseln nicht hinreichend unterrichtet war, und vielleicht nicht recht wußte, welche am weitsten gegen Westen läge; überdieß glaubten die Deutschen, daß der Piko auf Teneriffa von der Natur selbst, so zu sagen, dazu ausgezeichnet wäre, den ersten Mittagskreis zu bestimmen.

Doch dem sey wie ihm wolle, so ist es beynahe lächerlich, den ersten Mittagskreis durch einen Ort zu ziehen, dessen Lage nicht genau bekannt ist; denn es ist erst seit kurzem, daß man die Lage der kana-

rischen Inseln besser bestimmt hat. Aus diesem Grunde nehmen die Astronomen, die in allen ihren Bestimmungen die größte Genauigkeit beobachten, denjenigen Mittagskreis zum ersten an, der von dem Mittagskreise der Pariser Sternwarte gerade 20 Grade westwärts entfernt ist, ohne sich darum zu bekümmern, durch welche Oerter er geht; und dieß ist unstreitig der sicherste Ausweg, den man wählen kann. Will man nun die Länge irgend eines andern Mittagskreises wissen, so ist es am besten, die Entfernung desselben vom Pariser zu suchen; wenn er diesem gegen Morgen liegt, so darf man nur noch 20 Grade hinzuthun, so hat man die Länge der Orte, durch welche er geht; liegt er aber westwärts von dem Pariser, so zieht man seine Entfernung von 20 Graden ab; und wenn diese Entfernung über 20 Grade beträgt, so zieht man sie von 380 oder von 20 über 360 Graden ab.

So ist z. B. der Mittagskreis von Berlin 11° $7' 15''$ von dem Pariser gegen Osten entfernt, also wird die Länge von Berlin 31° $7' 15''$ seyn; und dieß ist auch die Länge aller andern Orte, die unter demselben Mittagskreise liegen.

Ferner liegt der Mittagskreis von Petersburg 28 Grade östlicher als der von Paris, folglich wird die Länge von Petersburg 48° seyn.

Hingegen der Mittagskreis von St. James in London liegt 2° 25′ 15″ weiter gegen Abend als der von Paris; zieht man also dieß von 20° ab, so bleiben noch 17° 34′ 45″ übrig, welches die Länge von St. James gibt.

Nehmen wir endlich die Stadt Lima in Peru, deren Mittagskreis von dem Pariser 70° 9′ 30″ gegen Abend entfernt ist, so müssen wir dieß von 380° abziehen, um die Länge dieses Ortes zu bekommen, welche also 309° 50′ 30″ seyn wird.

Wenn man aber die Breite und die Länge eines Ortes kennt, so ist man im Stande, seine wahre Lage auf einer künstlichen Erdkugel, oder auf einer Landcharte anzugeben; denn da die Breite den Parallelkreis, unter welchem der Ort liegt, und die Länge den Mittagskreis desselben bestimmt, so bezeichnet der Punkt, wo beyde Kreise einander schneiden, genau die Stelle, an welcher der Ort liegt.

Ew. H. dürfen nur einen Blick auf eine Landcharte, z. B. auf die von Europa, werfen, so werden Sie die Grade der Parallelkreise, oder ihre Entfernungen vom Aequator auf beyden Seiten angegeben finden. Oben und unten aber stehen die Grade der Länge, oder die Entfernungen der Mittagskreise vom ersten Meridian.

Gemeiniglich werden die Parallel- und die Mittagskreise auf den Charten von Grad zu Grad, oder

auch nur von 5 zu 5 Graden gezogen. Auf den meisten Charten gehen die Mittagskreise von oben nach unten, und die Parallelkreise von der Linken zur Rechten; oben ist Norden oder Mitternacht, unten Süden oder Mittag, auf der rechten Seite Osten oder Morgen, auf der linken Westen oder Abend.

Noch muß ich bemerken, daß, da alle Mittagskreise in den beyden Polen zusammenlaufen, der Abstand zwischen zweyen desto kleiner wird, je näher sie dem Pol kommen. Am weitsten sind sie unter dem Aequator von einander entfernt. Auch werden es Ew. H. auf guten Charten, wo die Mittagskreise gezogen sind, sehen, daß sie oben oder gegen Norden immer näher zusammengehen, und daß ihre Entfernungen unten oder nach dem Aequator zu größer werden. Dieß ist zum Verständniß der Landcharten, die uns die Oberfläche der Erdkugel, oder einen Theil derselben darstellen, hinreichend.

Allein meine Hauptabsicht ist, zu zeigen, wie die wahre Lage eines jeden Ortes auf der Erde durch seine Breite und Länge bestimmt wird. Den 1 Sept. 1761.

Hundert und vier und siebenzigster Brief.

Da es so wichtig ist, die Breite und Länge eines jeden Ortes zu kennen, um zu wissen, auf welchem Punkt der Oberfläche der Erde man sich befindet, so werden Ew. H. leicht urtheilen, daß es von eben so großer Wichtigkeit ist, die Mittel ausfündig zu machen, die uns zu dieser Kenntniß verhelfen.

Wenn jemand nach einer langen Reise an einem Ort, auf dem festen Lande oder auf dem Meere, anlangt, so muß es gewiß sehr nützlich für ihn seyn, zu wissen, auf welcher Stelle der Erde er sich jetzt befindet; ob er in der Nähe eines bekannten Landes ist, oder nicht? und welchen Weg er zu nehmen hat, um dahin zu kommen? Das einzige Mittel, ihn aus seiner Verlegenheit zu ziehen, wird ohne Zweifel seyn, ihm die Breite und Länge des Ortes, wo er ist, bekannt zu machen; aber wie wird er es anfangen, diese zu erfahren, angenommen, er befinde sich auf dem Meer, oder in einer wüsten Gegend, wo er keinen Menschen darüber befragen kann? Weiß er die Breite und Länge seines Orts, so kann er, vermittelst einer Erdkugel oder einer Landcharte, sehr leicht die Stelle seines Aufenthalts bestimmen, und sich die nöthige Auskunft über seine Lage verschaffen.

Ich werde Ew. H. zeigen, daß uns vornehmlich die Astronomie die Mittel an die Hand gibt, die Breite und Länge eines Ortes zu finden; aber ohne Dieselben mit einer umständlichen Beschreibung aller Methoden, welche die Astronomen zu diesem wichtigen Endzweck erfunden haben, aufzuhalten, werde ich mich begnügen, Ew. H. einen allgemeinen Begriff davon zu geben, und ich schmeichle mir, daß dieser hinreichend seyn wird, die Grundsätze begreiflich zu machen, auf welche alle Methoden gegründet sind.

Ich fange von der Bestimmung der Breite an, die fast gar keiner Schwierigkeit unterworfen ist, da hingegen die Bestimmung der Länge die Kräfte des menschlichen Geistes beynahe zu übersteigen scheint, besonders wenn man sich auf dem Meere befindet, und die größte Genauigkeit fordert.*) Daher hat man auf die letztere so große Preise gesetzt, um die Gelehrten zu ermuntern, ihre Einsichten und ihre Bemühungen auf eine Entdeckung zu wenden, die nicht nur an sich sehr wichtig, sondern auch der Ehre und des Vortheils wegen, die sie ihrem Erfinder verschafft, von der größten Bedeutung ist.

*) Die Bestimmung der Längen der Oerter auf dem Meere wird auch die Bestimmung der Meereslänge genannt, und auf diese sind eigentlich die großen Preise gesetzt worden, deren der Verfasser zu verschiedenen malen gedenkt. A. d. U.

Jetzt kehre ich zur Breite, und zu den Mitteln, sie zu finden, zurück; von der Länge und den verschiedenen Methoden, diese zu bestimmen, werde ich nachher umständlicher handeln.

In der fünften Figur der ersten Tafel mögen die Punkte N und S die Pole der Erde; NS die Achse, und C der Mittelpunkt seyn; der Halbkreis NDS stelle einen Mittagskreis vor, der durch den Aequator in dem Punkt D geschnitten wird, so werden ND, SD Viertelkreise oder Bogen von 90 Graden, und die gerade Linie CD ein Halbmesser, DE aber ein Durchmesser des Aequators seyn.

Es sey nun der Punkt L in dem Mittagskreise NDS der gegebene Ort, dessen Breite man suchen soll; man verlangt also zu wissen, wie viel der Bogen DL, der die Entfernung von dem Punkt L bis zu dem Aequator ausdrückt, in Graden, Minuten und Sekunden beträgt; oder wie groß der Winkel DCL ist, den ich y nennen will, und dessen Maaß der Bogen DL ist.

Da wir uns nicht in den Mittelpunkt der Erde versetzen können, um daselbst diesen Winkel zu messen, so müßen wir unsere Zuflucht zum Himmel nehmen. Hier trifft die verlängerte Achse der Erde SN den Punkt P, oder den nördlichen Weltpol, den man als unendlich entfernt von der Erde betrachten muß. Man verlängere auch den Halbmesser CL;

dieser wird den Himmel in dem Punkt Z treffen, welches das Zenith oder der Scheitelpunkt von L ist. Hernach ziehe man durch den Punkt L die gerade Linie GF senkrecht auf den Halbmesser CL, so ist diese Linie eine Tangente des Kreises, und folglich in Rücksicht des Ortes L horizontal, denn unser Horizont berührt immer die Oberfläche der Erde an dem Ort, wo wir uns befinden.

Da der Pol des Himmels P unendlich weit von der Erde entfernt ist, so wird er von L aus nach der Richtung der Linie LQ gesehen, die der Linie SNP, oder der Erdachse, parallel ist; er erscheint also zwischen dem Zenith und dem Horizont LF, und der Winkel FLQ, oder m, zeigt an, wie viel sich die gerade Linie LQ, die nach dem Pol geht, über den Horizont erhebt, daher der Winkel m die Elevation (Erhebung) des Pols genannt wird.

Ew. H. werden vielleicht schon oft von der Elevation des Pols haben reden hören; man nennt sie auch die Polhöhe und versteht darunter nichts anders, als den Winkel, den die gerade Linie LQ, die nach dem Pol des Himmels gezogen wird, mit dem Horizont des Orts, wo wir uns befinden, macht. Ew. H. sehen auch leicht ein, daß es möglich seyn muß, diesen Winkel durch Hülfe astronomischer Werkzeuge zu messen, ohne daß ich nöthig habe, mich hierüber umständlicher zu erklären.

Hat

Hat man aber diesen Winkel m, oder die Polhöhe gefunden, so hat man auch die Breite des Ortes L, oder den Winkel y. Um dieß zu beweisen, darf ich nur zeigen, daß die Winkel m und y einander gleich sind.

Da die Linie LQ der Linie CP parallel ist, so sind die Winkel m und n Wechselswinkel, und folglich einander gleich. Die Linie LF steht senkrecht auf dem Halbmesser CL, also ist der Winkel CLF ein rechter Winkel, und die beyden andern Winkel x und n des Triangels CLF machen zusamengenommen auch einen rechten. Ferner ist der Bogen ND der vierte Theil des Kreises, und mithin der Winkel NCD ebenfalls ein rechter. Die beyden Winkel x und y machen also zusammengenommen so viel, als die beyden Winkel n und x. Nehmen wir nun von beyden Seiten den Winkel x weg, so wird der Winkel y dem Winkel n, und folglich auch dem Winkel m, gleich seyn.

Ich habe schon bemerkt, daß der Winkel y die Breite des Ortes L, und der Winkel m die Polhöhe für denselben Ort andeutet; folglich ist die Breite eines Orts immer der Polhöhe an demselben Orte gleich. Durch dieselben Mittel also, durch welche die Astronomie uns die Polhöhe beobachten lehrt, finden wir auch die Breite eines Ortes.

So hat man z. B. aus den astronomischen Beobachtungen, die man in Berlin angestellt hat, gefunden, daß die Polhöhe daselbst 52° 31′ beträgt, und daraus schließt man, daß auch die Breite dieser Stadt 52° 31′ ist.

Dieß ist ein merkwürdiges Beyspiel, wie der Himmel uns über Dinge Licht geben kann, die sich blos auf die Erde beziehen. Den 5 Sept. 1761.

Hundert und fünf und siebenzigster Brief.

Ich komme nunmehr auf die Länge, und bemerke gleich anfangs, daß, wenn man zu Wasser oder zu Lande von einem bekannten Ort ausreist, man die Länge des Ortes, an welchen man hinkommt, ohne Schwierigkeit finden kann, wenn man die Größe des zurückgelegten Weges und die Richtung desselben genau weiß; man kann sie alsdann sogar ohne Hülfe der Astronomie finden, und das verdient wohl, daß ich es Ew. H. etwas deutlicher erkläre.

Man mißt die Größe oder die Länge eines Weges nach Fußen; man weiß ferner, wie viel Fuß eine Meile machen, und wie viel Meilen auf einen

Grad gehen; man wird also die Länge eines Weges in Graden ausdrücken können.

Um die Richtung des Weges zu bestimmen, muß man die Lage des Mittagskreises an einem jeden Ort, wo man ist, genau kennen. Da der Mittagskreis von der einen Seite gegen den Nordpol oder gegen Norden, und von der andern gegen den Südpol oder gegen Süden geht, so darf man nur in der Ebene des Horizonts, wo man sich befindet, eine gerade Linie von Norden nach Süden ziehen; diese heißt die Mittagslinie des Ortes. Es ist sehr nöthig, diese Linie mit der größten Genauigkeit zu ziehen, und der Himmel muß uns dabey wieder zum Wegweiser dienen.

Ew. H. wissen, daß es Mittag ist, wenn die Sonne sich am höchsten über dem Horizont befindet, allein gerade alsdann steht die Sonne genau gegen Süden; und der Schatten einer Stange oder eines Stabs, den man senkrecht auf einer horizontalen Ebene befestigt, fällt alsdann gegen Norden*);

*) Es versteht sich, daß dieß nur in den Ländern der Fall ist, die, wie Europa, disseits des nördlichen Wendekreises liegen; in denen, die jenseits des südlichen liegen, steht die Sonne zu Mittag gerade gegen Norden und der Schatten fällt gegen Süden; in den Gegenden aber, die zwischen den Wendekreisen enthalten sind, ist es abwechselnd: zu einer Zeit

woraus man leicht begreift, wie die Beobachtungen der Sonne uns in den Stand setzen, eine genaue Mittagslinie zu ziehen, wir mögen uns befinden an welchem Ort wir wollen.

Hat man erst die Mittagslinie richtig gezogen, so lassen sich alle andern Richtungen leicht bestimmen.

Es sey die gerade Linie NS (Fig. 6.) die Mittagslinie, N gehe gegen Norden, und S gegen Süden. Mitten durch diese Linie ziehe man OW senkrecht, so zeigt das Ende O gegen Osten, und das andere W gegen Westen. Theilt man darauf die Winkel, welche diese beyden einander senkrecht durchschneidenden Linien machen, in die Hälfte, und halbirt die daraus entstehenden Winkel noch einmal, so bekommt man zusammen sechzehn Richtungen, die in der Figur durch die beygefügten Buchstaben bezeichnet sind. In dem Fall aber, daß man einen Weg nimmt, der nicht genau nach der Richtung einer dieser Linien fortgeht, so bezeichnet man nur den Winkel, den er mit der Mittagslinie NS, oder der senkrecht auf ihr stehenden Linie OW, macht.

Auf diese Weise ist man im Stande, die Richtung, die man auf der Reise nimmt, genau zu bestimmen; und so lange man die Länge des zurück-

steht die Sonne um Mittag gegen Süden, zu einer andern gegen Norden. A. d. U.

gelegten Weges und die Richtung deſſelben kennt, ſo kann man leicht den wahren Ort, wo man ſich befindet, angeben, oder die Länge und Breite deſſelben beſtimmen. Man braucht dazu nichts weiter, als eine gute Landcharte, auf welcher ſowohl der Ort, von dem man ausgereiſt, als der, an welchem man angelangt iſt, ſteht; durch Hülfe des Maaßſtabes, der die Größe einer oder mehrerer Meilen auf der Charte anzeigt, kann man leicht eine Linie ziehen, welche den zurückgelegten Weg vorſtellt.

Die ſiebente Figur ſtellt eine Charte vor, auf der ſowohl die Parallelkreiſe von der Linken zur Rechten, als die Mittagskreiſe von oben nach unten, von Grad zu Grad angedeutet ſind; und wo man auch bemerken wird, daß die Mittagskreiſe oben gegen Norden etwas dichter neben einander liegen, als unten gegen Süden, ſo wie es ſich auf der Erde wirklich verhält*).

Dieſe Charte enthält ein Stück von der Oberfläche der Erde vom 53ſten Grade nördlicher Breite bis zum 59ſten; und vom 13ten Grade der Länge bis zum 26ſten.

*) Das Verfahren, welches der Verfaſſer gleich nachher beſchreibt, läßt ſich eigentlich nur bey Seecharten anwenden; wahrſcheinlich aber hat er ſich in keine Erörterung hierüber einlaſſen wollen, weil ihn dieß zu weit von ſeinem Hauptzweck abgeführt hätte. A. v. C.

Wir wollen also annehmen, man wäre von dem Ort L, dessen Länge 16° und dessen Breite 57° 20′ ist, ausgereist, und hätte seinen Weg nach OSO genommen, und auf diesem 75 deutsche Meilen zurückgelegt. Um die Länge und Breite des Ortes zu finden, wohin man alsdann gekommen wäre, ziehe man von dem Ort L die gerade Linie LM, die mit dem Mittagskreise dieses Ortes 16, 16, denselben Winkel macht, den, in der vorhergehenden Figur, die nach OSO gehende Linie mit der nach N gehenden macht. Darauf messe man auf dieser Linie LM, nach dem auf der Charte verzeichneten Maaßstabe 75 Meilen ab, so gibt der Punkt M den Ort an, wo man sich befindet.

Man darf alsdann nur diesen Ort mit den auf der Charte gezogenen Mittags- und Parallelkreisen vergleichen, so findet man, daß seine Länge etwas über 24°, oder genauer 24° 4′ beträgt; die Breite hingegen fällt zwischen den 55sten und 56sten Grad, oder ist ungefähr 55° 25′. Die Breite des Ortes M ist also 55° 25′, und seine Länge 24° 4′.

Ich habe hier vorausgesetzt, daß man während der ganzen Reise nach einerley Richtung, nehmlich nach OSO gegangen sey; wenn man aber auch von Zeit zu Zeit die Richtung änderte, so dürfte man nur durch das eben beschriebene Verfahren den Ort suchen, wo dieß zuerst geschehen wäre; hernach von

diesem Ort eine Linie nach der Richtung ziehen, nach welcher man seinen Weg fortgesetzt hätte, und den Ort der zweyten Veränderung bestimmen; von hier wieder eine Linie nach der neuen Richtung ziehen, und das so fort, bis man an den letzten Ort käme. Durch dieses Hülfsmittel wird man auf Reisen immer im Stande seyn, die Lage der Orte zu finden, wo man hinkommt, wenn man nur die Länge des zurückgelegten Weges und die Richtung desselben genau kennt.

Man könnte alsdann aller Hülfe der Astronomie entbehren, wenn man sie nicht nöthig hätte, um die Richtung des Weges oder den Winkel, den derselbe mit dem Mittagskreise macht, genau zu erforschen; inzwischen ist die Magnetnadel oder der Kompaß oft zu diesem Endzweck hinreichend.

Ew. H. werden indessen wohl sehen, daß man sich in Ansehung der Richtung und der Länge des Weges, besonders auf sehr weiten Reisen, beträchtlich irren kann. Wie oft muß man nicht seine Richtung ändern, wenn man nur von hier nach Magdeburg geht? und wie soll man die Länge des Weges genau messen? Geschieht die Reise zu Lande, so kann man aller dieser Weitläuftigkeiten überhoben seyn; man ist alsdann im Stande die Entfernungen der Orte, und die Winkel, welche die von einem Ort zum andern gezogenen Linien mit den Mittags-

freisen machen, durch geometrische Ausmessungen zu finden, und so die wahre Lage derselben mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Den 8. Sept. 1761.

Hundert und sechs und siebenzigster Brief.

Die im letzten Briefe beschriebene Methode die Länge und Breite, durch Beobachtung der Richtung und der Länge des zurückgelegten Weges zu finden, scheint besonders bey den Reisen zur See von großem Nutzen zu seyn, weil man da seine Richtung nicht so oft ändert, als bey den Reisen zu Lande; denn so lange man denselben Wind hat, kann man nach einerley Richtung fortgehen.

Auch geben sich die Schiffer viel Mühe, den Lauf des Schiffes genau zu beobachten, und den Weg, den es zurücklegt, zu messen; sie halten ein genaues Tagebuch über alle diese Beobachtungen, und am Ende eines jeden Tages, auch wohl noch öfterer, ziehen sie auf ihren Seecharten den Weg, den sie zurückgelegt haben*); dadurch sind sie im Stande, zu

*) Man nennt dieses Verfahren die Schiffsrechnung. A. d. U.

jeder Zeit den Ort, wo sie sich befinden, auf der Charte anzugeben, und folglich die Breite und Länge desselben zu bestimmen. Und so lange der Lauf regelmäßig fortgeht, und das Schiff durch keinen Sturm verschlagen wird, so betrügen sie sich selten darin; werden sie aber zweifelhaft, so nehmen sie ihre Zuflucht zu astronomischen Beobachtungen. Sie suchen die Polhöhe, und da diese mit der Breite des Ortes, wo sie sich befinden, einerley ist, so vergleichen sie sie mit der, die sie auf der Charte gefunden haben. Stimmen beyde überein, so ist ihre Rechnung richtig; findet sich aber ein Unterschied, so können sie daraus mit Gewißheit schließen, daß sie sich darin geirrt haben. Alsdann untersuchen sie sie genauer, und bemühen sich, sie gehörig zu verbessern, und mit der Beobachtung der Polhöhe oder der Breite in Uebereinstimmung zu bringen.

Dieses Verfahren kann auf kleinen Reisen hinlänglich seyn, weil die Fehler, die man da begeht, von geringer Bedeutung sind; aber auf weiten Reisen können diese kleinen Fehler sich so anhäufen, daß daraus am Ende ein sehr grober Irrthum entsteht, und der Ort, wo man sich wirklich befindet, von dem, wo man der Charte nach zu seyn glaubt, beträchtlich verschieden ist.

Ich habe bisher vorausgesetzt, daß die Reise ruhig von statten gehe; allein wenn das Schiff von

einem Sturm überfallen, und von Wind und Wellen hin und her gerissen wird, so ist es sehr klar, daß alsdann die Schiffsrechnung gänzlich gestört wird, und daß man unmöglich den zurückgelegten Weg auf der Charte verzeichnen kann.

Man könnte zwar durch astronomische Beobachtungen, nach einer solchen Störung, die Breite des Ortes, wohin man gekommen ist, finden, aber man würde dadurch nur den Parallelkreis dieses Orts erfahren, und bliebe noch immer über die Stelle, auf welcher sich das Schiff in diesem Parallelkreis befindet, sehr ungewiß.

Man muß also auch die Länge des Ortes, oder den Mittagskreis, unter welchem er liegt, kennen; alsdann gibt der Durchschnitt desselben mit dem gefundenen Parallelkreis die wahre Stelle des Schiffes. Ew. H. sehen daraus, wie wichtig es ist, die Schiffer in den Stand zu setzen, auch die Länge eines jeden Ortes zu finden.

Auch sind es nicht die Stürme allein, die uns diese Kenntniß nothwendig machen; man kann sich auch auf einer ganz ruhigen Fahrt in der Schätzung der Länge und der Richtung des Weges sehr stark irren. Wenn man annehmen dürfte, daß das Meer vollkommen ruhig wäre, so hätte man Mittel genug, diesen Weg mit hinreichender Schärfe zu bestimmen; aber das Meer hat an vielen Stellen reißende Strö-

me, die, wie auf dem festen Lande, nach gewissen Richtungen fließen. So hat man bemerkt, daß das atlantische Meer beständig durch die Strasse von Gibraltar in das mittelländische Meer strömt, und daß der Ozean zwischen Afrika und Amerika eine sehr merkliche Bewegung von Morgen gegen Abend hat; daher man viel geschwinder von Europa nach Amerika, als von da zurückkommt.

Wenn diese Ströme alle bekannt und beständig wären, so würde das eine große Hülfe für die Schiffsrechnungen seyn: aber man hat beobachtet, daß sie bald geschwinder, bald langsamer fließen, und oft ihre Richtung verändern; dadurch wird die Rechnung der geschicktesten Schiffer so gestört, daß man sich nicht darauf verlassen kann, ohne sich der größten Gefahr auszusetzen. Man hat nur zu viel Beyspiele, daß Schiffe noch weit von Riffen und Sandbänken entfernt zu seyn glaubten, als sie plötzlich dagegen geworfen wurden und zu Grunde gingen. Und gemeiniglich hat man gefunden, daß Ströme, welche die Schiffer in ihren Rechnungen irre gemacht hatten, Schuld an dem Unglück waren.

Es ist auch sehr begreiflich, wie die Schiffe durch die Ströme auf dem Meere fortgeführt werden können, ohne daß man es gewahr wird. Ganz etwas anders ist es auf einem Fluß, wo man das Ufer oder den Grund sehen kann; da erkennt man es sehr

leicht, ob und wie schnell sich das Schiff fortbewegt; hingegen auf dem Meere sieht man kein Land, und die Tiefe ist zu groß, als daß man den Grund erkennen könnte. Es ist daher nicht möglich zu bemerken, ob man fortgerissen wird oder nicht, und darum betrügt man sich so leicht in der Schätzung der Richtung, wie der Länge des Weges. Wenn man also auch keine Rücksicht auf die Stürme nehmen wollte, so wäre man doch genöthigt, andere Mittel zur Bestimmung der Länge zu suchen; und von diesen Mitteln werde ich die Ehre haben Ew. H. in den folgenden Briefen zu unterhalten. Den 12. Sept. 1761.

Hundert und sieben und siebenzigster Brief.

Ein sehr sicheres Mittel, die Länge zu finden, würde eine Uhr seyn, die so vollkommen wäre, das heißt, die beständig so gleichförmig und so genau ginge, daß weder die Erschütternngen der Reise, noch die Abwechselungen der Witterung und Temperatur ihre Bewegung im geringsten änderten.

Angenommen, daß eine solche Uhr erfunden wäre, wollen wir sehen, wie man durch Hülfe der-

selben im Stande seyn würde, das Problem der Länge aufzulösen. Zu diesem Ende müssen wir zur Betrachtung der Mittagskreise zurückkehren, von denen wir uns vorstellen können, daß sie durch alle Orte der Erde gehen.

Ew. H. wissen, daß die Sonne täglich einen Kreis um die Erde zu beschreiben scheint, und daß sie folglich in Zeit von vier und zwanzig Stunden der Reihe nach durch alle Mittagskreise geht.

Man sagt nehmlich, die Sonne gehe durch einen Mittagskreis, wenn eine gerade Linie, die von der Sonne nach dem Mittelpunkt der Erde gezogen wird, den Mittagskreis schneidet. Wenn diese Linie z. B. durch den Mittagskreis NLMS (Fig. 4.) ginge, so würde man sagen, die Sonne stehe in diesem Mittagskreise, und alsdann würde es an allen unter demselben liegenden Orten Mittag seyn; unter einem jeden andern Mittagskreis aber würde es in diesem Augenblick nicht Mittag, sondern früher oder später seyn.

Wenn der Mittagskreis NIRS weiter gegen Morgen liegt, als der Mittagskreis NLMS, so wird die Sonne, da sie ihren Lauf von Morgen gegen Abend macht, durch jenen früher, als durch diesen gehen; es wird also unter jenem eher Mittag seyn, als unter diesem. Folglich, wenn es unter dem letztern Mittag ist, so wird es unter dem erstern und

unter einem jeden andern, der weiter gegen Morgen liegt, schon später, oder es wird da schon Nachmittag seyn. Im Gegentheil wird es unter einem jeden Mittagskreis, wie NDS, der weiter gegen Abend liegt, noch Vormittag seyn, weil die Sonne in diese nicht eher kommt, als bis sie durch den Mittagskreis NLMS durchgegangen ist.

Da nun die Bewegung der Sonne gleichförmig geschieht, und sie ihren ganzen Lauf um die Erde, das heißt, 360 Grade in vier und zwanzig Stunden vollendet, so wird sie alle Stunden einen Bogen von funfzehn Graden durchlaufen. Wenn es also in Berlin, und an einem jeden andern unter demselben Meridian liegenden Orte, Mittag ist, so wird es unter den weiter gegen Morgen liegenden Meridianen schon später seyn, und zwar wird es unter dem, der von dem Berliner 15 Grad entfernt ist, ein Uhr; unter dem, der 30 Grad entfernt ist, zwey Uhr; unter dem, der 45 Grad entfernt ist, drey Uhr Nachmittag seyn, und so fort. Das Gegentheil wird unter denjenigen Meridianen statt finden, die weiter gegen Abend liegen, als der von Berlin; und wenn es unter diesem Mittag ist, so wird es unter dem, der 15 Grade westwärts davon entfernt ist, erst 11 Uhr Vormittag; unter dem, der 30 Grad entfernt ist, 10 Uhr; unter dem, der 45 Grad entfernt ist, 9 Uhr seyn, und

so weiter; — immer macht ein Unterschied von 15 Graden in der Lage der Mittagskreise, eine Stunde Unterschied in der Zeit.

Um das, was ich eben gesagt habe, noch mehr zu erläutern, wollen wir die Städte Berlin und Paris betrachten. Der Mittagskreis von Berlin liegt 11° 7′ 15″ weiter gegen Morgen, als der von Paris; rechnet man also auf 15 Grade eine Stunde, so macht dieser Unterschied 44 Minuten und 29 Sekunden, oder ungefähr drey Viertelstunden. Wenn es also in Paris Mittag ist, so wird es in Berlin schon 44 Minuten 29 Sekunden nach Zwölfen seyn; und hinwiederum wenn es in Berlin Mittag ist, so wird es in Paris erst 11 Uhr 15 Min. 31 Sekunden seyn. Man sieht daraus, daß die Uhren in Berlin immer früher gehen müssen, als die in Paris, und daß dieser Unterschied 44 Min. 29 Sek. betragen muß.

Der Unterschied zwischen den Mittagskreisen von Berlin und Magdeburg beträgt 1 Grad 40 Minuten, um welche Berlin weiter gegen Osten liegt als Magdeburg. Dieser Unterschied, in Zeit verwandelt, gibt 6 Minuten 40 Sekunden; so viel also müssen die Uhren in Berlin vor den Magdeburgischen voraus gehen. Wenn es daher in Magdeburg Mittag ist, und eine richtig gestellte Uhr daselbst gerade auf Zwölfe zeigt, so müssen die Uhren in Ber-

lin in demselben Augenblick 12 Uhr 6 Min. 40 Sek. zeigen, oder es ist hier schon Nachmittag.

Ew. H. sehen daraus, daß die Uhren an zwey Orten, deren Länge verschieden ist, oder die unter verschiedenen Mittagskreisen liegen, zu gleicher Zeit nicht einerley Stunden zeigen können, sondern daß sie um eine ganze Stunde von einander abweichen müssen, wenn der Unterschied der Länge 15 Grade beträgt.

Wenn man sich also einer Uhr auf Reisen bedienen wollte, um die Länge der Orte zu finden, so müßte man sie zuerst an dem Ort, von welchem man ausreist, und den wir A nennen wollen, gehörig stellen. Dieß geschieht vermittelst der Beobachtung des Mittags, oder des Augenblicks, wo die Sonne durch den Meridian dieses Orts geht; alsdann muß die Uhr gerade auf Zwölfe zeigen. Ferner muß sie so beschaffen seyn, daß der Zeiger immer nach 24 Stunden, wenn die Sonne wieder in den Meridian tritt, zwey Umläufe vollendet hat, und genau wieder auf Zwölfe zeigt *). Wenn sich dieß genau so

*) Da die Sonne sich nicht einen Tag so geschwinde bewegt, wie den andern, und ihre Bahn gegen die Ebene des Aequators geneigt ist, oder da die Zwischenzeiten von einem Durchgang derselben durch den Meridian bis zu dem nächstfolgenden nicht immer gleich groß sind; so kann eine gleichförmig gehende Uhr

so verhält, so wird diese Uhr mit richtig gehenden Uhren an andern Orten nur alsdann übereinstimmen, wenn diese mit dem Ort A unter einerley Mittagskreis liegen; liegen sie aber unter verschiedenen Mittagskreisen, oder ist ihre Länge von der Länge des Ortes A verschieden, so werden auch die Uhren von einander abweichen; und zwar wird ein Unterschied von 15 Graden der Länge einen Unterschied von einer ganzen Stunde in der Zeit, welche die Uhren anzeigen, ausmachen.

Wenn man also den Unterschied in der Zeit kennt, welche richtig gehende Uhren an verschiedenen Orten in demselben Augenblicke anzeigen, so kann man daraus sehr leicht den Unterschied der Längen

Uhr nicht beständig auf Zwölfe zeigen, so oft die Sonne durch den Meridian geht. Man kann sich aber vorstellen, die Sonne bewege sich mit einer mittlern Geschwindigkeit immer gleichförmig durch den Aequator, so würde eine vollkommene Uhr allemal auf Zwölfe zeigen müssen, wenn die Sonne nach dieser mittlern Bewegung im Meridian stehen sollte. Hieraus entspringt der Unterschied zwischen mittlerer und wahrer Bewegung der Sonne, so wie zwischen mittlerer und wahrer Zeit, den man in astronomischen Tafeln für alle Tage angegeben findet. Der Verfasser hatte aber sehr Recht, hier auf diesen Unterschied keine Rücksicht zu nehmen, weil ihn dieß in unnöthige Weitläuftigkeiten geführt haben würde. A. d. U.

finden, indem man für jede Stunde 15 Grade, und für jede Minute einen Viertelgrad rechnet. Den 15. Sept. 1761.

Hundert und acht und siebenzigster Brief.

Ew. H. werden sich um so weniger verwundern, daß richtige Uhren unter verschiedenen Mittagskreisen ganz verschiedene Stunden zeigen, wenn Dieselben erwägen, daß, wenn es bey uns Mittag ist, es gegen Osten Länder gibt, denen die Sonne schon untergeht, und andere gegen Westen, wo die Sonne erst aufgeht; bey jenen muß es also schon Abend seyn, wenn es bey diesen erst Morgen ist, und das zu derselben Zeit, wo wir Mittag haben. Ferner wissen Ew. H. daß es bey unsern Gegenfüßlern, und überhaupt in den Ländern, die unter dem entgegengesezten Mittagskreise liegen, Nacht ist, wenn es bey uns Tag ist, und zwar Mitternacht, wenn wir Mittag haben.

Nach diesen Erläuterungen wird es mir nicht schwer seyn zu zeigen, wie eine gute Uhr dazu dienen kann, den Unterschied der Mittagskreise oder der Längen verschiedner Orte zu finden.

Wir wollen annehmen, ich hätte eine solche vortrefliche Uhr, die, einmal gehörig gestellt, beständig die richtige Zeit, die es in Berlin ist, angäbe, und also, wenn es daselbst Mittag wäre, genau auf Zwölfe zeigte; wir wollen ferner annehmen, ihr Gang würde nicht gestört, sie möchte sich in einem Wagen oder an Bord eines Schiffes befinden, und allen Arten von Bewegungen und Erschütterungen ausgesezt seyn.

Wenn ich nun mit dieser Uhr eine Reise zu Lande oder zur See machte, und vollkommen sicher wäre, daß sie beständig so ginge, als wenn ich in Berlin geblieben wäre; so würde sie mir jeden Tag in dem Augenblick, wo es in Berlin Mittag wäre, auf Zwölfe zeigen, ich möchte mich befinden, an welchem Ort ich wollte. Gesetzt ich käme auf dieser Reise zuerst nach Magdeburg; ich beobachtete daselbst den Durchgang der Sonne durch den Meridian, oder den Augenblick, wo es in Magdeburg Mittag ist, und fände, daß meine Uhr alsdann gerade auf 12 Uhr 6 Min. 40 Sek. zeigte: so würde ich daraus schließen, daß, wenn es in Magdeburg Mittag ist, es in Berlin schon Nachmittag ist, und daß dieser Unterschied 6 Min. 40 Sek. beträgt, welches $1^{\circ}\ 40'$ im Bogen ausmacht. Auf diese Weise fände ich also, daß der Mittagskreis von Magdeburg weiter gegen Westen liegt, als der von Berlin,

und zwar um 1° 40′. Da nun die Länge von Berlin 31° 7′ 15″, so wird die Länge von Magdeburg 1° 40′ kleiner, oder 29° 27′ 15″ seyn.

Von da gehe ich mit meiner Uhr, ohne sie im mindesten zu verrücken, nach Hamburg; hier beobachte ich wieder den Mittag, (denn auf die öffentlichen Uhren darf ich mich nicht verlassen), und sehe, daß meine Uhr alsdann schon 12 Uhr 13 Min. 33 Sek. zeigt; es ist also in Berlin schon 13 Min. und 33 Sek. über Zwölfe, wenn es in Hamburg erst Mittag ist; daraus folgt, daß der Mittagskreis von Hamburg 3° 23′ 15″ weiter gegen Abend liegt, als der von Berlin; denn wenn man 15 Grad auf eine Stunde, und folglich einen Grad auf 4 Minuten Zeit rechnet, so geben 13 Min. 33 Sek. in Zeit, 3° 23′ 15″ im Bogen. Die Länge von Hamburg wird also 27° 44′ seyn.

In Hamburg begebe ich mich mit meiner Uhr an Bord eines Schiffes, und nach einer langen Reise komme ich an einen Ort, wo meine Uhr zur Mittagszeit, (die ich aus meinen Beobachtungen der Sonne finde) erst auf 10 U. 58 Min. 15 Sek. zeigt; es ist also in diesem Augenblick in Berlin noch Vormittag, und da der Unterschied eine ganze Stunde 1 Min. und 45 Sek beträgt, so sehe ich daraus, daß der Ort, wo ich angekommen bin, weiter gegen Osten liegt, als Berlin. Rechne ich nun auf

eine Stunde 15 Grade, auf eine Minute Zeit 15′, und auf 45 Sek. Zeit 11′ 15″, so finde ich den Unterschied der Mittagskreise beyder Orte 15° 26′ 15″. Ich befinde mich also an einem Ort, der 15° 26′ 15″ weiter gegen Osten liegt als Berlin, oder dessen Länge um so viel größer ist, als die Länge von Berlin; da nun diese 31° 7′ 15″ ist, so ist jene 46° 33′ 30″. Auf diese Art erfahre ich, unter welchem Mittagskreis ich mich befinde, aber an welcher Stelle desselben, das weiß ich noch nicht. Um auch dieses zu erfahren, nehme ich meine Zuflucht zu astronomischen Beobachtungen; ich suche die Polhöhe, und finde sie gerade 41°. Da ich außerdem weiß, daß ich noch in der nördlichen Halbkugel bin, weil das Schiff noch nicht über die Linie oder den Aequator gekommen ist, so sehe ich, daß ich mich an einem Ort befinde, dessen Breite 41° nördlich, und dessen Länge 46° 33′ 30″ ist. Ich nehme also die Landcharte zur Hand, und suche darauf den Ort, dessen Länge und Breite mit der gefundenen übereinkommt, ich finde, daß unter dieser Länge und Breite Constantinopel liegt, und weiß also nun, wo ich bin, ohne daß ich nöthig habe, jemanden nach dem Namen des Orts zu fragen.

Ich mag also mit einer solchen Uhr an einen Ort der Erde kommen, an welchen es sey, so bin ich dadurch im Stande, die Länge desselben zu bestim-

men; die Breite aber finde ich aus der Beobachtung der Polhöhe. Alsdenn darf ich nur einen Globus, oder eine gute Landcharte nehmen, so kann ich leicht den Punkt finden, der mit dem Ort, wo ich mich befinde, übereinstimmt, wenn mir auch übrigens gleich das Land ganz unbekannt ist.

Allein es ist sehr zu bedauern, daß es den geschicktesten Künstlern bis jetzt noch nicht gelungen ist, so vollkommene Uhren zu Stande zu bringen, als zu diesem Endzweck erfordert werden. Man trifft zwar sehr gute Pendeluhren an, sie gehen aber nur so lange richtig, als sie ganz ruhig auf einer Stelle stehen; die kleinsten Stöße und die geringsten Erschütterungen stören ihren Gang. Solche Uhren sind auf Reisen ganz unbrauchbar. Auch begreift man leicht, daß der Perpendikel, von dessen regelmäßiger Bewegung der Gang der Uhr abhängt, unmöglich das Hin- und Herschwanken vertragen kann, dem es auf der Reise unterworfen ist. Unterdessen sind es ungefähr zehn Jahre, daß ein englischer Künstler sich rühmte, eine Uhr verfertigt zu haben, auf welche die Erschütterungen einer Reise keinen Eindruck machten, und man hat sogar behauptet, daß man nach einer langen Reise in einer Kutsche nicht die mindeste Unordnung an derselben wahrgenommen habe; worauf dem Erfinder wirklich ein Theil des auf die Entdeckung der Länge gesetzten

Preises zuerkannt wurde; das Uebrige sollte er erhalten, wenn man mit der Uhr einen Versuch auf einer weiten Seereise angestellt haben würde. Allein seitdem haben die Zeitungen nichts mehr davon gemeldet; es ist daher zu vermuthen, daß dieser Versuch nicht besser, als so viele andere, die man in dieser Absicht angestellt hat, ausgefallen ist. Den 19. Sept. 1761.

Nachschrift des Uebersetzers.

Der Verfasser zielt hier unstreitig auf die bekannten Bemühungen von Harrison. Johann Harrison, seines Handwerks eigentlich ein Zimmermann, übergab den von dem Parlament erwählten Kommissarien der Meereslänge seine erste Seeuhr, die er einen Zeithalter (time-keeper) nannte, im Jahr 1736. Sie wurde auf einer Reise nach Lissabon geprüft, und so gut befunden, daß der Künstler das Jahr darauf zu fernern Versuchen eine Belohnung an Geld erhielt. Aehnliche Aufmunterungen bekam er 1742 und 1749. Im Jahr 1761 trat er mit einem neuen Zeithalter auf, den sein Sohn, Wilhelm Harrison, auf einer Reise nach Jamaika prüfen mußte. Der Gang desselben wurde so richtig befunden, daß sich die Länge daraus bis auf weniger als einen halben Grad ergab. Harrison machte daher auf den höchsten Preis von 20000 Pf. St.

Anspruch. Man entschied aber, daß er seine Uhr vorher einer zweyten Prüfung unterwerfen müßte, und bewilligte ihm vor der Hand nur 2500 Pf. Auch diese zweyte Prüfung fiel so glücklich für ihn aus, daß er nicht nur die Hälfte des erlangten Preises, nehmlich 10000 Pf. wirklich erhielt, sondern ihm auch noch die andere Hälfte versprochen wurde, wenn er den ganzen Bau seiner Uhr auf das gewissenhafteste aus einander gesetzt und beschrieben, und dadurch andere Künstler in den Stand gesetzt haben würde, ähnliche Werkzeuge zu verfertigen. Harrison lieferte zwar diese Beschreibung nebst den dazu gehörigen Zeichnungen; allein da unterdessen ein Verdacht gegen die fortdauernde Zuverlässigkeit seines Zeithalters entstanden war, die nachgehends durch mehrere Beobachtungen bestätigt wurde, so mußte er sich mit der empfangenen Belohnung begnügen.

Nach der Zeit haben ein paar andere englische Künstler, Namens Arnold und Kendal, ähnliche Zeithalter verfertigt, von welchen verschiedene in den Jahren 1772 — 1775 auf der großen Entdeckungsreise von Cook untersucht und sehr brauchbar befunden wurden.

Auch in Frankreich wetteiferten verschiedene Künstler in Verfertigung genauer Seeuhren. Vornehmlich zeichneten sich darunter Le Roy und Ber-

thoud aus. Zwey Uhren des erstern wurden auf einer fünfmonatlichen Reise im Jahr 1768 von dem jüngern Cassini beobachtet; und der der Pariser Akademie davon abgestattete Bericht fiel so günstig aus, daß diese dem Erfinder den doppelten Preis ertheilte, den sie damals auf die beste Methode, die Zeit auf dem Meere zu messen, gesetzt hatte. Berthoud hatte in demselben Jahre, ohne sich eigentlich um den Preis zu bewerben, ein paar vortrefliche Seeuhren zu Stande gebracht, die nach einer Prüfung der Herren von Fleurieu und Pingré auf einer Seereise von 42 Tagen, trotz des heftigsten Schwankens des Schiffes, einer starken Veränderung der Temperatur, und der gesammten Entladung der 20 Schiffs-Kanonen, noch nicht um einen halben Grad fehl zeigten; wofür er eine Pension nebst dem Titel eines Inspektors der Seeuhren erhielt. Man stellte darauf zwischen den Uhren beyder Künstler auf einer besondern Reise eine Vergleichung an, die zum Vortheil der erstern ausfiel.

Einen ganz neuen Schwung aber erhielt die Chronometrie durch die Erfindung des Hrn. Thomas Mudge, eines Engländers, den Gang der Pendeluhren durch ein sogenanntes freyes Stoßwerk (echappement libre) zu reguliren. Der Graf von Brühl machte von dieser Erfindung die sinnreichste Anwendung auf die Taschenuhren, und ließ sich

durch Hrn. Josiah Emery, einen sehr geschickten Uhrmacher in London, einen Schweizer von Geburt, nach einem von Mudge verfertigten Modell eines solchen Stoßwerks einen tragbaren Zeithalter, unter dem Namen eines Taschen-Chronometers verfertigen. Die erste Uhr dieser Art wurde gegen das Ende des Jahres 1782 vollendet, und ihr Gang, nach den sorgfältigsten Beobachtungen des Herrn Grafen selbst, von einer bewundernswürdigen Genauigkeit und Gleichförmigkeit gefunden. Es erregt Erstaunen, was Hr. von Zach berichtet, daß eben dieses Instrument nach einer siebenmonatlichen Reise die Länge von Paris auf weniger als zwey Sekunden richtig angab. Seitdem hat Hr. Emery mehrere dergleichen Taschen-Chronometer verfertigt, die in ihrem Gange guten astronomischen Pendeluhren an Richtigkeit nichts nachgeben. Mit größerm Recht als Harrison konnte daher der Erfinder auf den größten Preis, wenigstens auf eine ansehnliche Belohnung Anspruch machen. Auch hatte er in dieser Absicht der Admiralitätskommission ein paar Seeuhren mit freyen Stoßwerken übergeben, wozu ihm ein Beyschuß von 500 Pf. verwilligt worden war. Sie wurden auf die königliche Sternwarte nach Greenwich zur Prüfung geschaft; allein die Methode, nach welcher sie von dem dasigen Astronomen, Hrn. Maskelyne, ge-

prüft wurden, die von den einsichtsvollsten Mathematikern als unbillig getadelt wird — machte, daß das Zeugniß nicht ganz zu ihrem Vortheil ausfiel, und so die gerechtesten Erwartungen des Künstlers unerfüllt blieben.

Hundert und neun und siebenzigster Brief.

In Ermangelung einer so vollkommenen Uhr, als ich Ew. H. beschrieben habe, hat man bis jetzt die Mondfinsternisse als das sicherste Mittel, die Länge zu finden, angesehen, aber diese Erscheinung ereignet sich so selten, daß man nicht so oft Gebrauch davon machen kann, als man es nöthig hat.

Ew. H. wissen, daß der Mond sich alsdann verfinstert, wenn er durch den Schatten der Erde geht. Man kann dabey den Augenblick unterscheiden, wo er in den Schatten eintritt, und den, wo er aus demselben wieder heraustritt; jener heißt der Anfang, und dieser das Ende der Finsterniß. Bisweilen kommt der Mond ganz in den Schatten der Erde zu stehen, und bleibt eine Zeit lang unsichtbar; eine solche Verfinsterung nennt man eine totale Mondfinsterniß; bey dieser kann man sowohl den Augen-

blick bemerken, wo der Mond gänzlich verschwindet, als den, wo er wieder anfängt, aus dem Schatten herauszutreten; der erstere wird der Anfang der gänzlichen Verfinsterung; und der letztere das Ende derselben genannt. Wenn aber nur ein Theil des Monds verfinstert wird, so nennt man es eine partiale Finsterniß, und es läßt sich alsdann nur der Augenblick des Anfangs und der des Endes bestimmen. Ausserdem wird es Ew. H. nicht unbekannt seyn, daß die Mondfinsternisse sich nur zur Zeit des Vollmonds und zwar ziemlich selten ereignen.

Wenn man nun eine Mondfinsterniß an zwey Orten, die unter verschiedenen Mittagskreisen liegen, beobachtet, so wird man zwar an beyden den Anfang der Finsterniß in demselben Augenblick sehen; aber die Uhren werden nicht an beyden einerley Zeit angeben; ich rede von richtig gehenden Uhren, die genau auf Zwölfe zeigen, wenn es an ihrem Ort Mittag ist. Liegen diese Orte unter demselben Mittagskreise, so werden die Uhren, am Anfange und am Ende der Finsterniß, allerdings in der Zeit übereinstimmen; sind aber ihre Mittagskreise 15 Grad von einander entfernt, oder sind sie in der Länge 15 Grad von einander verschieden, so müssen die Uhren sowohl am Anfange als am Ende der Finsterniß um eine ganze Stunde von einander abweichen; die Uhr des mehr gegen Osten liegenden Orts wird

eine Stunde vor der andern vorausgehen. Beträgt der Unterschied in der Länge 30°, so werden die Uhren um zwey Stunden verschieden seyn; beträgt er 45°, so werden sie drey Stunden von einander abweichen, und so fort, wie die nachstehende Tafel zeigt:

Unterschied in der Länge		Unterschied in der Zeit
15 Grade	machen	1 Stunde
30 —	—	2 —
45 —	—	3 —
60 —	—	4 —
75 —	—	5 —
90 —	—	6 —
105 —	—	7 —
120 —	—	8 —
135 —	—	9 —
150 —	—	10 —
165 —	—	11 —
180 —	—	12 —

Wenn also der Unterschied in der Länge z. B. 150 wäre, so würden die Uhren sowohl am Anfang als am Ende der Finsterniß um 10 Stunden von einander abweichen.

Umgekehrt, wenn man dieselbe Finsterniß an zwey verschiedenen Orten beobachtet, und die Zeit

der Uhr im Augenblick des Anfangs der Finsterniß genau bemerkt, so kann man aus dem Unterschied der Zeit den Unterschied in der Länge dieser Orte finden. Der Ort, wo die Uhr früher geht, wird weiter gegen Osten liegen, und folglich wird seine Länge größer seyn, weil man die Grade der Längen von Westen gegen Osten zählt.

Wirklich hat man durch dieses Mittel die Länge der vornehmsten Orte der Erde bestimmt, und diesen Bestimmungen gemäß die Landcharten verfertigt. Allein man mußte immer die Beobachtungen, die man an einem Ort, dessen Länge noch unbekannt war, gemacht hatte, mit solchen Beobachtungen vergleichen, die an einem bekannten Ort angestellt worden waren, und daher so lange warten, bis man Gelegenheit zu dieser Vergleichung hatte. Wenn ich also nach einer langen Reise an einen unbekannten Ort käme, und könnte zufälligerweise eine Mondfinsterniß daselbst beobachten, so würde mir das nichts helfen, und ich würde die Länge von dem Ort meines Aufenthalts nicht auf der Stelle daraus zu finden im Stande seyn; dieß könnte erst bey meiner Rückkunft geschehen, wenn ich meine Beobachtung mit einer andern, die an einem bekannten Ort angestellt worden wäre, vergliche, und ich würde also zu spät erfahren, wo ich gewesen war. Die Hauptsache ist eben, auf der Stelle Auskunft darüber zu

erhalten, um seine Maaßregeln darnach nehmen zu können.

Inzwischen kann man in dieser Rücksicht völlige Befriedigung erlangen, seitdem man die Bewegung des Mondes so genau kennt, daß man nicht nur alle Finsterniße vorauszusagen, sondern auch den Augenblick ihres Anfanges und ihres Endes, nach der Uhr irgend eines bekannten Ortes zu bestimmen im Stande ist. Ew. H. wissen, daß in unsern (den Berlinischen) Kalendern immer der Anfang und das Ende einer jeden Finsterniß nach der Berliner Uhr angegeben wird. Wenn man also eine weite Reise machen will, so darf man nur einen solchen Kalender mitnehmen, und, wenn sich die Gelegenheit findet, eine Mondfinsterniß an einem unbekannten Ort zu beobachten, die Zeit ihres Anfangs oder Endes nach einer richtig gestellten Uhr genau bemerken, und mit der in dem Kalender angegebenen Zeit vergleichen, so ergibt sich daraus der Unterschied zwischen dem Meridian von Berlin und dem Meridian des Orts, wo man sich befindet.

Es findet sich aber bey dieser Methode, abgerechnet, daß die Mondfinsterniße überhaupt eine seltene Erscheinung sind, noch der üble Umstand, daß man den Augenblick, wo die Finsterniß anfängt oder sich endigt, nicht genau genug erkennen, und sich also leicht um mehrere Sekunden irren kann. Man nimmt

indessen an, daß der Irrthum in der Beobachtung beym Anfange und beym Ende der Finsterniß ungefähr gleich groß seyn wird, und sucht also zwischen den beyden beobachteten Augenblicken das Mittel; dieses sieht man als das Mittel der Finsterniß an, und vergleicht es darauf mit dem, welches in dem Kalender für Berlin oder für einen andern bekannten Ort angegeben ist.*)

Wenn die Kalender auf das folgende Jahr zu der Zeit, wo man seine Reise antreten will, noch nicht heraus sind, oder wenn die Reise mehrere Jahre dauern soll, so muß man solche Bücher nehmen, in welchen die Finsternisse für mehrere Jahre im voraus berechnet sind. Den 22 Sept. 1761.

*) Ausser dem Anfang und dem Ende der Finsterniß sucht man auch den Augenblick zu beobachten, wo gewisse Flecken des Mondes in den Schatten der Erde treten, oder aus demselben herauskommen, um aus der größern Menge von Beobachtungen ein desto sichreres Mittel zu ziehen. A. d. U.

Hun-

Hundert und achtzigster Brief.

Die Sonnenfinsterniſſe können gleichfalls zur Bestimmung der Länge dienen, aber auf eine Art, die weit schwerere Berechnungen erfordert. Der Grund davon ist, weil die Sonne nicht selbst verfinstert wird, sondern nur der Mond vor dieselbe tritt, und ihre Strahlen verhindert zu uns zu kommen. Es ist damit fast eben so, als wenn ich einen Schirm vor das Gesicht halte, wodurch zwar dieses bedeckt wird, andere aber nicht verhindert werden, die Sonne in ihrem völligen Lichte zu sehen. So bedeckt auch der Mond die Sonne nur einem Theile der Erdbewohner, und wir können z. B. in Berlin eine Sonnenfinsterniß haben, während daß man in Paris nicht die geringste Verfinsterung gewahr wird.

Der Mond hingegen wird wirklich durch den Schatten der Erde selbst verfinstert; sein Licht wird dadurch geschwächt oder ausgelöscht; und daher kommt es, daß die Mondfinsterniſſe an allen Orten auf gleiche Weise gesehen werden, über deren Horizont sich nur der Mond zur Zeit der Verfinsterung befindet.

Ew. H. werden nun von selbst urtheilen, daß wenn es noch andere Körper am Himmel gäbe, die von Zeit zu Zeit eine Verfinsterung erlitten, sie eben so-

wohl, als die Mondfinsternisse, zur Bestimmung der Längen angewandt werden könnten. Von dieser Art aber sind die Jupitersträbanten, die so oft durch den Schatten ihres Planeten gehen, daß fast keine Nacht vorbeygeht, wo nicht einer von ihnen verfinstert würde; sie verschaffen uns also ein sehr bequemes Mittel, die Länge zu bestimmen, dessen sich die Astronomen auch mit gutem Erfolge bedienen.

Ew. H. wissen, daß Jupiter vier Trabanten hat, die sich um ihn, ein jeder in einer besondern Bahn, bewegen, wie ich es in der 8ten Figur vorgestellt habe, wo AB den Jupiter, und die vier Kreise die Bahnen seiner Trabanten bezeichnen sollen. Nehmen wir an, die Sonne stehe in C, so fällt der Schatten des Jupiters nach O, und so wie die Trabanten in unserer Figur geordnet sind, ist der erste im Begriff, in den Schatten zu treten, der zweyte ist eben aus demselben herausgetreten, der dritte hat noch ein großes Stück zu durchlaufen, ehe er den Schatten erreicht, und der vierte hat ihn schon weit hinter sich zurückgelassen.

So bald einer von den Trabanten in den Schatten tritt, wird er unsichtbar, und dieß geschieht ziemlich schnell; man mag also an einem Ort der Erde seyn, an welchem man will, so sieht man den Trabanten, der bis dahin deutlich zu erkennen war,

plötzlich verschwinden, vorausgesetzt, daß Jupiter überhaupt an diesem Ort gerade sichtbar war. Dieser Eintritt eines Trabanten in den Schatten des Jupiters wird auch die Immersion und der Austritt aus demselben die Emersion genannt; man sieht alsdann den Trabanten plötzlich wieder zum Vorschein kommen, nachdem er eine Zeitlang unsichtbar gewesen war.

Die Eintritte wie die Austritte sind gleich bequem zur Bestimmung der Länge, weil sie sich in einem bestimmten Augenblick ereignen. Wenn man also eine solche Erscheinung an mehrern Orten der Erde beobachtet, so muß man in den Uhren dieser Orte eine so große Verschiedenheit finden, als es der Unterschied zwischen ihren Mittagskreisen erfordert. Es ist hier eben so, wie bey den Beobachtungen der Mondfinsternisse; und die Sache hat weiter keine Schwierigkeit. Denn man ist schon seit einiger Zeit so weit gekommen, die Verfinsterungen der Jupitertrabanten, das heißt, ihre Ein- und Austritte im voraus zu bestimmen, und man darf also nur die beobachtete Zeit mit derjenigen vergleichen, die für irgend einen bekannten Ort, z. B. für Berlin, berechnet ist, so kann man daraus sogleich die Entfernung seines Meridians von dem Berliner finden.

Auch bedient man sich dieser Methode mit dem besten Erfolg auf dem festen Lande; aber man hat

noch kein Mittel ausfindig machtn können, sie auch auf Schiffen anzuwenden, wo es doch ungleich wichtiger ist, sich von der Lage des Ortes, wo man sich befindet, zu unterrichten. Wenn man die Jupitertrabanten mit bloßen Augen eben so gut sehen könnte, wie den Mond, so würde man von dieser Methode eben so gut auf der See Gebrauch machen können; aber man braucht dazu nothwendig ein Fernrohr von wenigstens vier oder fünf Fußen; ein Umstand, der hier eine unüberwindliche Schwierigkeit verursacht.

Schon wenn man auf dem festen Lande ein etwas langes Fernrohr gebrauchen will, wie viel Geschicklichkeit wird nicht dazu erfordert, es auf den Gegenstand, den man betrachten will, zu richten, und es so fest zu halten, daß man diesen nicht verliert? woraus man schließen kann, daß es auf einem Schiff, welches in beständiger Bewegung ist, fast unmöglich seyn muß, den Jupiter nur dadurch zu finden, und daß, wenn man ihn auch gefunden hat, man ihn gleich wieder verlieren wird. Allein um den Ein- oder Austritt eines Trabanten recht zu beobachten, muß man ihn durchaus eine Zeitlang ununterbrochen betrachten können; und da das auf dem Meere nicht angeht, so scheint es, daß man auf diese Methode, die Längen zu bestimmen, Verzicht thun muß.

Es gibt indessen zwey Mittel, diese Schwierigkeit aus dem Wege zu räumen, das eine, wenn man sehr kurze Fernröhre, z. B. von sechs Zollen oder noch kürzer, erfände, wodurch man die Jupiterstrabanten mit hinlänglicher Deutlichkeit sehen könnte; denn es ist kein Zweifel, daß es ungleich leichter sey, so kleine Fernröhre zu regieren, als solche, die mehrere Fuß lang sind. Und wirklich arbeitet man mit dem größten Erfolg an einer solchen Vervollkommnung der Ferngläser; jedoch bleibt es immer noch die Frage, ob man bey dem Gebrauch dieser vollkommenen Ferngläser nicht eben so gut einen festen und ruhigen Standpunkt nöthig haben wird, als bey den längern *).

Das andere Mittel wäre, sich auf dem Schiff einen so festen und unbeweglichen Sitz zu verschaffen, daß man die Bewegungen desselben nicht spürte. Es scheint, daß man dieß wohl durch einen geschickten Schwungstuhl bewerkstelligen könnte. Und in

*) Dieser Zweifel ist nicht ungegründet; denn ob man gleich nach der Zeit die so genannten achromatischen Fernröhre wirklich zu Stande gebracht hat, die bey einer Länge von sechs Zollen und vielleicht noch weniger die Jupiterstrabanten erkennen lassen; so ist es doch nicht möglich, auf einem schwankenden Schiff die Beobachtungen mit ihnen anzustellen, von welchen hier die Rede ist. A. d. U.

der That ist es nicht lange, daß man in den Zeitungen gelesen hat, daß ein Engländer einen solchen Stuhl erfunden haben wollte, und daß er auch deßhalb auf einen Theil der Belohnung, die auf die Entdeckung der Länge gesetzt ist, Anspruch gemacht hätte. Er hatte nicht Unrecht, weil man durch dieses Hülfsmittel in den Stand gesetzt würde, die Ein- und Austritte der Jupitersstrabanten, die zur Bestimmung der Länge so geschickt sind, auf dem Meere zu beobachten; man hat aber seitdem nichts mehr davon gehört*).

*) Der Engländer, von welchem der Verfasser hier spricht, hieß Irwin. Sein Schwungstuhl, den er im Jahr 1760 verfertigt hatte, wurde auf Veranstaltung der Commissarien der Meereslänge von Hrn. Maskelyne auf einer Reise nach Barbados geprüft, aber ganz unbrauchbar gefunden. Noch untauglicher war ein ähnlicher Schwungstuhl von Fyot. In den Gött. Anz. vom Jahr 1778. S. 1117 wird aus den Schriften der Kopenhagner Universität (Acta litterar. Univers. Hafn.) angeführt, daß Hr. Kratzenstein, Professor in Kopenhagen, einen Schwungstuhl von seiner Erfindung auf einer Seereise geprüft hätte; durch die Witterung wäre er zwar verhindert worden, Verfinsterungen von Jupiterstrabanten zu beobachten, allein er hätte doch gefunden, daß sich durch Hülfe dieses Stuhls Jupiter allerdings im Felde des Fernrohrs erhalten ließe.

A. d. U.

Ew. H. werden hieraus sehen, wie vielen Schwierigkeiten die Entdeckung der Länge unterworfen ist.

Den 26. Sept. 1761.

Hundert und ein und achtzigster Brief.

Der Himmel gibt uns noch ein Hülfsmittel an die Hand, zur Entdeckung der Längen ohne Fernröhre zu gelangen, welches den Astronomen von vorzüglicher Brauchbarkeit zu seyn scheint. Dieses ist der Mond, nicht blos wenn er verfinstert wird, sondern so oft er überhaupt nur sichtbar ist — ein großer Vortheil, da die Finsterniße so selten sind, und die Ein- und Austritte der Jupiterstrabanten eben so wenig nach unserm Willen erfolgen; denn eine ziemliche Zeit des Jahres hindurch ist Jupiter nicht sichtbar, da hingegen der Mond fast beständig gesehen werden kann.

Ew. H. werden es unstreitig schon bemerkt haben, daß der Mond jeden Tag ungefähr drey Viertelstunden später aufgeht, als den Tag zuvor. Er hat keinen festen, unveränderlichen Plaz am Himmel, wie die Fixsterne, die ihre Lage gegen einander beständig behalten, wenn sie gleich durch die täglich-

Umdrehung des Himmels um die Erde mit fortgeführt werden. Ich rede hier blos nach dem Schein; denn eigentlich ist es die Erde selbst, die sich täglich um ihre Achse dreht, und der Himmel mit den Fixsternen bleibt unbewegt. Die Sonne und die Planeten ändern zwar auch ihre Lage gegen die Fixsterne, aber die Veränderungen des Mondes sind bey weitem die beträchtlichsten, und gerade dieser Umstand ist es, der ihn zur Bestimmung der Längen so geschickt macht.

Wenn man den Mond heute nahe bey einem gewissen Stern sieht, so wird er den Tag darauf zu derselben Stunde sehr weit von ihm gegen Morgen stehen; und diese Entfernung beträgt bisweilen über 15 Grade. Die Geschwindigkeit seiner Bewegung ist nicht immer gleich, inzwischen ist man jetzt so weit gekommen, daß man sie für jeden Tag genau bestimmen kann; und dadurch werden wir in den Stand gesetzt, seine wahre Stelle am Himmel, für jede Stunde des Tages und für einen bekannten Mittagskreis, z. B. den von Berlin oder Paris, im voraus zu wissen.

Wir wollen nun annehmen, ich befinde mich nach einer langen Reise zur See an einem ganz unbekannten Orte, und wollen sehen, wie ich aus dem Stand des Mondes die Länge dieses Ortes erfahren könnte; denn was die Breite anbetrifft, so ist sie auch

zur See nicht schwer zu finden, wo man hinlängliche Mittel hat, die Polhöhe zu beobachten, welcher die Breite allemal gleich ist. Meine ganze Aufmerksamkeit wird also auf den Mond gerichtet seyn, und ich werde ihn mit den ihm zunächst stehenden Fixsternen vergleichen, um seine wahre Stelle am Himmel zu bestimmen. Ew H. wissen, daß man Himmelskugeln hat, auf welchen die Fixsterne in der Lage gegen einander vorgestellt sind, wie sie sich uns am Himmel zeigen, und daß es auch Himmelscharten giebt, so gut wie Landcharten, auf welchen einzelne Theile des Himmels abgebildet sind. Wenn ich also eine solche Himmelscharte nehme, auf welcher die Fixsterne stehen, die sich in der Nähe des Mondes befinden, so wird es mir leicht seyn, die Stelle des Mondes darauf zu bezeichnen; und meine Uhr, die ich an diesem Ort durch die Beobachtung der Mittagszeit gehörig gestellt haben muß, wird mir den Augenblick, wo der Mond sich an dieser Stelle befand, angeben. Alsdann berechne ich aus den Regeln der Bewegung des Mondes die Zeit, wo der Mond in Berlin an derselben Stelle des Himmels erscheinen muß, an der ich ihn gesehen habe. Stimmt diese Zeit mit der Zeit meiner Beobachtung überein, so ist es ein Beweis, daß der Ort gerade unter dem Meridian von Berlin liegt, und folglich seine Länge mit der Länge dieser Stadt einerley ist.

Sind aber die Zeiten verschieden, so finde ich, aus dem Unterschied derselben, den Unterschied in der Länge beyder Orte, indem ich für jede Stunde 15 Grade rechne; und der Ort hat immer die größere Länge, dessen Uhren früher gehen.

Auf diese Weise ungefähr verfährt man, wenn man aus den bloßen Betrachtungen des Mondes die Längen finden will. Ich bemerke noch, daß sich diese Methode am besten anwenden und die Stelle des Mondes am genauesten bestimmen läßt, wenn sich ein Fixstern gerade hinter dem Monde verbirgt; man nennt dieß eine Bedeckung (eine Occultation) und man hat dabey zwey Augenblicke in Acht zu nehmen, nehmlich den, wo der Stern hinter dem Monde zuerst verschwindet, und den, wo er wieder zum Vorschein kommt. Die Astronomen sind sehr aufmerksam auf diese Bedeckungen, um die wahre Stelle des Mondes daraus zu bestimmen.

Ich vermuthe indessen, Ew. H. werden mir einen Einwurf wegen der Uhr machen, mit welcher der Beobachter auf dem Schiff, nach unserer Voraussetzung, versehen seyn soll; da ich doch gesagt habe, daß man bis jetzt noch keine so vollkommene Uhren hätte, die bey dem immerwährenden Schwanken des Schiffes beständig richtig gingen. Allein dieß war nur von solchen Uhren zu verstehen, die eine lange Zeit hindurch richtig gehen sollten, ohne daß man

nöthig hätte, sie immer von neuem zu stellen; hingegen zu den Beobachtungen, worauf es hier ankommt, kann eine gewöhnliche Taschenuhr hinreichend seyn, wenn sie nur einige Stunden nach einander einen gleichförmigen Gang hält. Man richtet sie alsdann nach dem Mittag des Ortes, wo man sich befindet, oder wenn man zweifelt, daß sie noch den Abend oder die Nacht, wo man den Mond beobachten will, richtig gehen möchte, so geben auch die Sterne hinreichende Mittel an die Hand, sie von neuem zu stellen. Denn da uns die Lage der Sonne gegen die Fixsterne zu einer jeden Zeit vollkommen bekannt ist, so ist die bloße Beobachtung eines Sterns hinlänglich, den Ort zu bestimmen, wo die Sonne sich alsdann befindet; und daraus können wir die Stunde berechnen, welche eine richtige Uhr zeigen muß. In dem nehmlichen Augenblick also, wo wir den Mond beobachtet haben, sind wir auch im Stande, unsere Uhr nach den Sternen zu stellen, und von einer jeden Uhr kann man annehmen, daß sie während einer so kleinen Zwischenzeit richtig gehe. Den 29. Sept. 1761.

Hundert und zwey und achtzigster Brief.

Unter den verschiedenen Methoden die Länge zu finden, scheinet die letztere, die sich auf die Beobachtungen des Mondes gründet, den Vorzug zu verdienen, weil die andern entweder zu großen Schwierigkeiten unterworfen, oder von Erscheinungen abhängig sind, die sich sehr selten ereignen. Es ist aber von selbst klar, daß der glückliche Erfolg dieser Methode einzig von dem Grad der Genauigkeit abhängt, den man bey diesem Verfahren erreicht, und daß die Fehler, die man dabey begehen kann, auf unsichere Schlüsse führen. Es ist also sehr wichtig zu wissen, welchen Grad der Genauigkeit man dabey zu erreichen hoffen könne. Da sich diese Methode allein auf die beträchtliche Veränderung gründet, welche der Mond von einem Tage zum andern in seiner Lage erleidet, so können wir behaupten, daß wir einen höhern Grad von Genauigkeit würden erreichen können, wenn diese Veränderung noch grösser, das heißt, wenn die Bewegung des Mondes noch schneller wäre. Im Gegentheil, wenn er sich um vieles langsamer bewegte, und wir die Veränderung seiner Lage von einem Tage zum andern nur kaum bemerken könnten, so würden wir auch daraus keine Hülfe zur Bestimmung der Längen haben können.

Wir wollen also annehmen, der Mond verändere seinen Stand gegen die Fixsterne um 12 Grade in 24 Stunden, da in der That seine Veränderung gewöhnlich noch größer ist; folglich wird er in zwey Stunden einen Grad, und in einer Stunde einen halben Grad oder dreyßig Minuten fortrücken. Wenn wir uns nun in der Beobachtung des Orts, wo der Mond stehet, um dreyßig Minuten irrten; so wäre das eben so viel, als ob wir den Mond eine Stunde früher oder später beobachteten, und wir würden in unserer Rechnung über den Unterschied der Mittagskreise einen Irrthum von einer Stunde begehen. Allein ein Unterschied von einer Stunde in den Mittagskreisen macht einen Unterschied von 15 Graden in der Länge derselben; mithin würden wir uns um 15 Grade in der Länge des Ortes, den wir suchen, irren, — ein Irrthum, der so ungeheuer wäre, daß es nicht viel schlimmer seyn würde, wenn wir nichts wüßten; die bloße Schätzung des Weges und die Richtung desselben, so unsicher sie auch immer seyn mag, würde uns nie in einen so groben Irrthum führen. Man müßte aber auch sehr ungeschickt seyn, wenn man sich in der Stelle des Mondes um 30 Minuten irren wollte, oder die Instrumente, deren man sich bedient, müßten nichts taugen, wogegen man sich leicht vorsehen kann.

Inzwischen so vortreflich auch die Instrumente seyn mögen, und so viel Geschicklichkeit man auch bey der Beobachtung anwendet, so ist es doch unmöglich, allen Irrthum zu vermeiden, und es gehört schon sehr viel dazu, wenn man nicht um eine Minute fehlen soll. Da nun der Stand des Mondes sich in einer Stunde um 30 Minuten ändert, so wird er sich in zwey Minuten Zeit um eine Minute ändern. Wenn man sich also nur um eine Minute in dem Stand des Mondes irrt, so entspringt daraus ein Irrthum von zwey Minuten Zeit in dem Unterschied der Mittagskreise. Nun macht eine Stunde oder 60 Minuten einen Unterschied von 15 Graden in der Länge, folglich beträgt dieser Irrthum einen halben Grad in der Länge; und mit diesem Grad der Genauigkeit könnten wir zufrieden seyn, wenn wir ihn nur immer erreichten.

Ich habe hier vorausgesetzt, unsere Kenntniß von der Bewegung des Mondes wäre so vollkommen, daß wir den wahren Stand desselben, für einen gegebenen Mittagskreis und für einen gewissen Augenblick, ohne Fehler bestimmen könnten; es fehlt aber noch viel, daß wir schon so weit gekommen wären. Es sind noch nicht zwanzig Jahre, daß man sich in dieser Berechnung oft um mehr als sechs Minuten betrog, und erst seitdem hat es der geschickte Professor Mayer in Göttingen, dadurch daß er

den Weg, den ich vorgeschlagen hatte, weiter verfolgte, dahin gebracht, daß dieser Fehler nicht über eine Minute geht. Es könnte also wohl geschehen, daß wir uns von Seiten der Rechnung auch noch um eine Minute irrten; dieser Irrthum, zusammengenommen mit dem in der Beobachtung des Mondes, würde den Fehler in Ansehung der Länge des Orts, wo wir uns befinden, verdoppeln; und folglich könnte er wohl bis auf einen ganzen Grad steigen. Hierbey muß ich erinnern, daß, wenn der Mond in 24 Stunden durch mehr als 12 Grade fortrückt, der Irrthum in der Länge kleiner wird.

Vielleicht wird man in Zukunft Mittel finden, den Irrthum, dem wir sowohl in der Beobachtung als in der Berechnung ausgesetzt sind, noch zu vermindern; alsdann würde man durch diese Methode die Länge bis auf weniger als einen Grad finden. Aber auch ohne diese Vervollkommnung kann man hoffen, einen höhern Grad der Genauigkeit zu erreichen. Man darf nur mehrere Beobachtungen anstellen; und das ist möglich, wenn man einige Tage an einem Orte verweilt. Es ist nicht zu besorgen, daß alle Berechnungen gleich fehlerhaft seyn sollten; einige werden die Länge größer, andere kleiner geben; nimmt man also aus allen diesen Bestimmungen das Mittel, so kann man sicher seyn, daß diese Länge

bey weitem keinen Grad von der Wahrheit verschieden seyn wird.

Die Engländer, die aus Eifer für die Beförderung der Wissenschaften und des Handels zu dieser Erfindung aufmuntern wollten, haben drey Preise ausgesezt, den ersten von 10000, den andern von 15000 und den dritten von 20000 Pfund Sterling. Der erste ist demjenigen bestimmt, der die Längen bis auf einen Grad finden, das heißt, eine solche Methode angeben würde, wobey man sicher seyn könnte, daß der Fehler nicht über einen Grad ginge. Der zweyte demjenigen, der noch etwas mehr leisten und es dahin bringen würde, daß der Fehler nie über zwey Drittel-Grad oder 40 Minuten stiege. Den dritten endlich sollte der bekommen, welcher im Stande seyn würde, die Länge so genau zu bestimmen, daß der Fehler nie mehr als einen halben Grad oder 30 Minuten ausmachte; einen höhern Grad von Genauigkeit fordert man nicht. Keiner von diesen Preisen ist bis jetzt noch ausgetheilt worden; (die Belohnung, die man dem Künstler bewilligte, der vollkommene Uhren verfertigt haben wollte, rechne ich nicht). Herr Mayer macht gegenwärtig auf den höchsten Preis Anspruch, und meinem Urtheil nach mit Recht. Den 3. Oct. 1761.

N. S.

N. S. Obgleich viel fehlte, daß Mayer, der seine verbesserten Mondstafeln der Admiralitäts-kommission über die Meereslänge im Jahr 1760 überreichen ließ, den höchsten Preis erhalten hätte, so blieben seine Bemühungen doch nicht ganz unbelohnt. Er selbst erlebte es zwar nicht, seiner Wittwe aber ließ das Parlament 3000 Pf. St. auszahlen. Auch Euler, auf dessen Theorie Meyer gebaut hatte, erhielt ein Geschenk von 300 Pfund. Maskelyne und de la Caille, welche die Mayerischen Mondstafeln, und die darauf gegründete Methode zur Bestimmung der Länge auf das sorgfältigste prüften, gestanden ihr vor allen Messungsmethoden den Vorzug zu, weil sie nicht nur die genaueste und richtigste wäre, sondern auch am öftersten ausgeübt werden könnte. Seit der Zeit ist die Theorie der Bewegung des Mondes noch mehr ins Licht gesetzt, und dadurch diese Methode so sehr verbessert worden, daß man, wie Wales, ein englischer Astronom, behauptet, durch sie die Länge bis auf ein Sechstel oder höchstens ein Fünftel Grad finden könne.

A. d. U.

Hundert und drey und achtzigster Brief.

Ew. H. werden jetzt über das, was die Bestimmung der Längen betrifft, hinlänglich unterrichtet seyn, da ich die Ehre gehabt habe, Denselben die verschiedenen Methoden, die man zu dieser Absicht erfunden hat, zu erklären.

Die erste und natürlichste ist die, daß man die Länge des Weges und die Richtung desselben sorgfältig beobachtet; allein die Ströme und Stürme, denen man auf dem Meere häufig ausgesetzt ist, machen diese Methode unsicher.

Die zweyte erfordert eine so vollkommene Uhr, die beständig einen gleichförmigen Gang hält, und selbst durch die Erschütterungen einer Reise nicht in Unordnung gebracht wird, bis jetzt aber haben die Künstler eine solche Uhr noch nicht zu Stande bringen können.

Die dritte gründet sich auf die Beobachtung der Mondfinsternisse; und diese würde allen Forderungen eine Genüge leisten, wenn die Gelegenheit dazu nicht so selten wäre, und man nicht oft bey dem dringendsten Bedürfniß keinen Gebrauch von ihr machen könnte.

Die vierte hängt von den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten ab, die zu diesem Endzweck sehr

bequem wären, wenn man ein Mittel erfände, auf dem Meere Beobachtungen durch Fernröhre anzustellen, ohne welche sich die Trabanten nicht erkennen lassen.

Endlich giebt uns der Lauf des Mondes die fünfte Methode an die Hand, welche die brauchbarste zu seyn scheint, wofern es möglich ist, den Stand des Mondes am Himmel so genau zu beobachten, daß der Irrthum nicht über eine Minute beträgt; denn nur alsdann kann man sicher seyn, daß man sich in der Bestimmung der Länge nicht über einen Grad betrügt.

Auf diese fünf Methoden haben diejenigen, welche sich bisher mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, vornehmlich ihre Untersuchungen gerichtet; es giebt aber noch eine sechste, von der es scheint, daß sie ebenfalls geschickt seyn würde, diese Aufgabe aufzulösen, wenn sie besser bearbeitet wäre, ja vielleicht wird sie uns einmal das sicherste Mittel verschaffen, die Längen zu finden, ob wir gleich gegenwärtig noch sehr weit zurück sind.

Diese Methode ist nicht vom Himmel hergenommen, sondern einzig und allein an die Erde geknüpft; denn sie gründet sich auf die Natur des Magnets nnd der Magnetnadel. Die Erklärung derselben führt mich auf die wichtige Lehre von der magnetischen Kraft, und eröffnet mir dadurch eine neue

Bahn zur Unterhaltung Ew. H., die, wie ich glaube, so viel Annehmlichkeiten hat, daß es Ew. H. nicht gereuen wird, sie betreten zu haben.

Anfangs werde ich meine Betrachtungen auf den Gegenstand einschränken, von dem hier die Rede ist, nehmlich auf die Bestimmung der Längen. Ich bemerke daher nur im Allgemeinen, daß der Magnet ein Stein ist, der die Eigenschaft hat, das Eisen an sich zu ziehen, und wenn ihm eine freye Bewegung verstattet ist, sich beständig nach einerley Gegend zu richten; und daß das Eisen und der Stahl dieselbe Eigenschaft erhalten, wenn sie mit einem Magnet gestrichen oder nur berührt werden. Ich behalte mir aber vor, diese Eigenschaft in der Folge genauer zu untersuchen, und ihre Natur zu erklären.

Ich will also mit der Beschreibung der Magnetnadel anfangen, die, wenn sie zum Gebrauch der Schiffarth auf eine gewisse Art aufgestellt ist, ein Compaß genannt wird.

Man läßt eine Nadel von gutem Stahl machen, ungefähr von der Form, wie sie in der 9ten Figur abgebildet ist, das eine Ende, B, wird zugespitzt, um es von dem andern, A, besser zu unterscheiden; in der Mitte ist ein kleines Hütchen befestigt, das unten hohl ist, damit man die Nadel auf einen spitzigen Stift, D, legen kann, wie es die 10te Figur zeigt.

Sie muß überdieß so gearbeitet seyn, daß, wenn sie auf den Stift gelegt wird, beyde Enden einander im Gleichgewicht erhalten, und sie sich frey herumdrehen, und in jeder Lage stehen bleiben kann, in welche man sie bringt. Ehe man sie magnetisch macht, ist es gut, sie zu härten, damit sie so fest als möglich werde; hernach reibt oder streicht man sie mit einem starken Magnet, so erlangt sie dadurch die magnetische Kraft. Die beyden Enden werden alsdann nicht mehr im Gleichgewicht seyn, sondern das eine, B, wird sich niedersenken, als ob es schwerer geworden wäre; um also das Gleichgewicht wieder herzustellen, müßte man von B etwas abnehmen, oder dem andern Ende A etwas zusetzen; da man aber diese Veränderung vorher weiß, so pflegt man gleich vom Anfang das Ende B leichter zu machen als A, damit die Nadel, wenn sie magnetisirt ist, von selbst eine horizontale Lage annehme.

Sie erlangt alsdann eine andere viel merkwürdigere Eigenschaft; sie bleibt nicht mehr, wie vorher, in allen Lagen ruhig; sondern strebt vorzugsweise nach einer einzigen, und richtet sich von selbst immer so, daß das Ende B ungefähr gegen Norden, und das Ende A gegen Süden zu stehen kommt; oder die Richtung der Magnetnadel fällt beynahe mit der Richtung der Mittagslinie zusammen.

Ew. H. erinnern sich, daß man, um die Mittagslinie zu ziehen, die genau von Norden gegen Süden geht, zu astronomischen Beobachtungen seine Zuflucht nehmen muß, weil die Bewegung der Sonne und der Gestirne diese Richtung bestimmt. Ist man also nicht mit den nöthigen Instrumenten versehen, oder ist der Himmel mit Wolken bedeckt, so kann man auch keine Mittagslinie ziehen. Um so wichtiger wird daher diese Eigenschaft der Magnetnadel, sich an allen Orten und zu allen Zeiten mit dem einen Ende gegen Norden zu richten, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, auch die übrigen Himmelsgegenden, Süden, Osten und Westen zu bestimmen. Dieß ist die Ursache, warum der Gebrauch der Magnetnadel oder des Compasses so allgemein geworden ist.

Den größten Nutzen gewährt der Compaß in der Schiffarth, weil man den Lauf des Schiffes, um an einen bestimmten Ort hinzukommen, immer nach einer gewissen Weltgegend richten muß, wie es uns die Charten anzeigen. Auch war man vor dieser Entdeckung nicht im Stande weite Reisen zur See zu unternehmen; kaum wagte man es, sich von den Küsten zu entfernen, und sobald man sie aus dem Gesicht verlor, lief man Gefahr, sich zu verirren, wofern der Himmel nicht heiter war und die Sterne den Weg zeigten.

Wenn ein Schiff sich mitten auf dem Meere befindet, ohne zu wissen, nach welcher Weltgegend es geht, so ist es eben so, als wenn ein Mensch mit verbundenen Augen nach der Domkirche in Magdeburg gehen soll; indeß er sich einbildet, nach dieser Seite zu gehen, würde er vielleicht nach einer ganz andern gehen. Der Compaß ist also der vornehmste Wegweiser auf der See, und erst nach der Entdeckung desselben hat man sich auf das große Weltmeer gewagt, und die neue Welt entdeckt. Was würde ein Schiffer ohne Compaß anfangen, wenn er während oder nach einem Sturm sich durch keine Beobachtungen am Himmel helfen könnte? er möchte seinen Lauf richten, wohin er wollte, so würde er nicht wissen, ob er nach Norden oder nach Süden, oder nach einer andern Gegend der Welt seegelte. Er könnte sich also leicht so verirren, daß er sich nicht zu retten wüßte. Der Compaß aber läßt ihn nie in diese Verlegenheit kommen, und daraus werden Ew. H. urtheilen, wie wichtig die Entdeckung desselben ist. Den 6. Oct. 1761.

Hundert und vier und achtzigster Brief.

Ob gleich die Magnetnadel immer ein Bestreben hat, sich mit einem Ende gegen Norden zu kehren, so giebt es doch zufällige Ursachen, welche diese Richtung stören können, und die man daher sehr sorgfältig entfernen muß. Kein Magnet, Stahl oder Eisen darf in der Nähe einer Magnetnadel liegen. Ew. H. dürfen nur ein Messer gegen eine Magnetnadel halten; so wird sie sogleich ihre Richtung verändern, und sich nach dem Messer hin wenden; und wenn man dieses nach und nach rund um die Nadel herum bewegt, so kann man machen, daß sie alle möglichen Stellungen annimmt. Will man sich also versichern, daß die Nadel ihre natürliche Lage hat, so muß man alles Eisen oder Stahl, und alle Magnete von ihr entfernen — eine Sache, die sich um so leichter thun läßt, da diese Körper nur bey einer großen Nähe einen Einfluß haben; schon in einer kleinen Entfernung wird ihre Wirkung unmerklich, und es müßte ein sehr starker Magnet seyn, der die Nadel in einer Entfernung von mehrern Fußen stören könnte.

Von dem bloßen Eisen aber hat man eine so starke Wirkung nicht zu fürchten; daher kann man sich der Magnetnadel selbst in Eisenbergwerken be-

dienen*). Denn Ew. H. sehen leicht ein, daß man sich in den Gruben unter der Erde in demselben Fall befindet, wie auf dem Meere, bey bedecktem Himmel, und daß man in ihnen ebenfalls genöthigt ist, sich nach den Weltgegenden zu richten, wenn man sie nach einer gewissen Richtung fortführen will. Auch verfertigt man Risse, welche die Gänge unter der Erde nach allen ihren Richtungen und Wendungen darstellen; und bey dieser Arbeit richtet man sich allein nach der Magnetnadel. Dieß macht den Gegenstand einer besondern Wissenschaft aus, welche die Markscheidekunst genannt wird.

Um auf unsern Compaß oder die Magnetnadel zurück zu kommen, so habe ich schon bemerkt, daß sie sich nicht ganz genau gegen Norden richtet; man sagt zwar gemeiniglich, sie habe die Eigenschaft, sich gegen Norden zu kehren, dieß ist aber nicht ganz richtig gesprochen. Nach mehrern Versuchen, die ich mit verschiedenen Magnetnadeln angestellt habe, habe ich immer gefunden, daß ihre Richtung in Berlin von der wahren Mittagslinie ungefähr um 15°

*) Dieß würde doch zu unsicher seyn, wenn gleich die Wirkung des Erzes auf die Magnetnadel nicht stark wäre, und man hat daher bekanntlich eine andere Methode, um die Lage der Gruben in den Eisenbergwerken zu bestimmen. A. d. U.

abweicht; eine Abweichung von 15° aber ist sehr beträchtlich*).

Die 11. Figur stellt zuerst die wahre Mittagslinie vor, die von Norden nach Süden geht; die andere Linie, welche senkrecht durch jene gezogen ist, zeigt zur Rechten Osten, und zur Linken Westen an; die Magnetnadel AB aber fällt nicht mit der Mittagslinie zusammen, sondern weicht um den Winkel x davon ab, welcher 15° beträgt. Man nennt diesen Winkel die Abweichung oder Declination der Magnetnadel; und da die Spitze B, welche Norden am nächsten ist, und deßhalb die nördliche Spitze heißt, gegen Westen abweicht, so sagt man, die Abweichung der Magnetnadel sey 15° westlich.

Hat man einmal die Abweichung bestimmt, so kann man sich der Magnetnadel eben so gut bedienen, als wenn sie genau gegen Norden zeigte. Gemeiniglich umgiebt man die Nadel mit einem Kreis, oder beschreibt in der Ebene, über welcher sie sich

*) Man nennt daher auch die Richtung, welche die Magnetnadel an einem jeden Orte hat, den magnetischen Meridian, so wie diejenige Horizontallinie, welche senkrecht auf diese Richtung geht, den magnetischen Aequator, zum Unterschied von den Meridianen und dem Aequator der Erdkugel.

A. d. U.

bewegt, einen Kreis, in dessen Mittelpunkt der Stift befestigt ist, auf dem die Nadel ruht; alsdann darf man nur in der gehörigen Entfernung von der nördlichen Spitze B, z. B. in Berlin 15° gegen Osten, Norden bezeichnen, so giebt die Linie Nord-Süd die wahre Mittagslinie an, woraus sich die übrigen Himmelsgegenden, Osten, Westen ꝛc. leicht bestimmen lassen.

Um das Geheimniß besser zu verstecken, verbirgt man die Magnetnadel in einer runden Scheibe von Pappe, so daß beyde zusammen nur ein Stück ausmachen; in dem Mittelpunkt ist, wie bey der blossen Magnetnadel, ein Hütchen befestigt, womit das Ganze auf einen Stift gesetzt wird, auf welchem es sich frey bewegen kann. Auf der obern Seite sind die Weltgegenden, Norden, Osten ꝛc. bemerklich gemacht, doch so, daß die Linie, die aus dem Mittelpunkt gegen Norden gezogen ist, mit dem nördlichen Ende der in der Pappe versteckten Nadel einen Winkel von 15° macht, folglich wird Norden auf der Scheibe immer gegen Norden im Horizont gerichtet seyn, und es hat das Ansehen, als ob die Magnetnadel genau nach Norden zeigte, da sie doch in der That 15° davon abweicht. Diese Einrichtung dient nur dazu, die Abweichung zu verstecken, die der Unwissende als einen Fehler ansieht, da sie vielmehr unsere Bewunderung und Aufmerksamkeit verdient, wie

wir in der Folge sehen werden; und da die Pappe das Gewicht der Nadel vermehrt, so verhindert sie nur, daß sich diese nicht so frey bewegen kann, als wenn sie allein wäre.

Um diesem Uebel abzuhelfen, legt man die Nadel lieber in eine runde Büchse, deren Umkreis in 360° eingetheilt, und mit den Namen der Hauptgegenden des Horizonts bezeichnet wird. In dem Mittelpunkt befindet sich die Spitze, welche die Nadel trägt. Hat die letztere ihre natürliche Lage eingenommen, so dreht man die Büchse so lange, bis das nördliche Ende der Nadel genau auf den funfzehnten Grad des Umkreises, von Norden gegen Westen gerechnet, zeigt; alsdann werden die Namen des Umkreises genau mit den wahren Gegenden des Horizonts zusammentreffen.

Auf der See aber bedient man sich dennoch solcher Nadeln, die in pappene Scheiben eingefaßt sind, deren obere Seite in 360° eingetheilt ist, damit man nicht nöthig habe, die Büchse zu drehen. Da alsdann diese Scheibe, die man den Compaß nennt, die wahren Weltgegenden anzeiget, so darf man nur den Lauf des Schiffes damit vergleichen, um zu wissen, nach welcher Gegend es geht, ob gegen Norden, Süden, Osten, Westen, oder irgend einer andern mittlern Richtung. Nach dem Compaß beurtheilt man auch die Winde, oder die Gegend, von

welcher sie herwehen, und giebt ihnen darnach ihre Namen. Inzwischen muß man die Abweichung der Nadel genau kennen; hier haben wir sie zwar 15° westlich gefunden, an andern Orten aber kann sie ganz anders seyn, wie Ew. H. in der Folge sehen werden. Den 10. Oct. 1761.

Hundert und fünf und achtzigster Brief.

Wenn ich gesagt habe, daß die Abweichung der Magnetnadel 15° gegen Westen beträgt, so muß man das nur von Berlin und von der gegenwärtigen Zeit verstehen; denn man hat bemerkt, daß diese Abweichung nicht nur an verschiedenen Orten der Erde verschieden ist, sondern daß sie sich auch an demselben Ort mit der Zeit verändert.

So ist z. B. die Abweichung in Berlin gegenwärtig viel grösser, als sonst; ich erinnere mich noch sehr gut, daß sie ehedem nur 10° betrug; und im vorigen Jahrhundert gab es eine Zeit, wo sie Null war, das heißt, wo die Richtung der Magnetnadel genau mit der Mittagslinie übereinkam. Dieß war um das Jahr 1670; seitdem ist die Abweichung nach und nach immer größer gegen Westen geworden, bis

auf 15°, wo sie heutiges Tages ist. Nun hat es den Anschein, als ob sie wieder abnehmen werde, so lange bis sie von neuem auf Null kommt. Doch ist dieß eine bloße Muthmaßung, und wir sind noch weit entfernt, etwas gewisses hierüber vorausbestimmen zu können *).

Ferner wissen wir, daß die Abweichung vor dem Jahr 1670 nach der entgegengesetzten Seite oder gegen Osten ging; und je weiter wir zurücksteigen, desto größer finden wir sie gegen Osten. Weiter aber können wir nicht zurückgehen, als bis auf die Zeit, wo der Compaß entdeckt wurde; und dieß geschah im vierzehnten Jahrhundert; allein erst lange nachher hat man in Berlin Beobachtungen über die Abweichung angestellt, weil man es nicht gleich im Anfange wahrgenommen hatte, daß die Magnetnadel von der Mittagslinie abwich.

Hingegen in London, wo man aufmerksamer auf diesen Gegenstand gewesen ist, hat man die Abweichung im Jahr 1580, 11° 15′ östlich gefunden; im Jahr 1622, 6° 0′; im Jahr 1634, 4° 5′. Im Jahr 1657 wich die Magnetnadel auf keine Seite ab; 1672 aber wurde die Abweichung 2° 30′ westlich; 1692, 6° 0′, und gegenwärtig möchte

*) Auch hat sich diese Muthmaßung nicht bestätigt, denn die Abweichung in Berlin ist seit der Zeit noch um ein paar Grade größer geworden. A. d. U.

sie wohl 18° und darüber seyn. Ew. H. sehen also, daß sie im Anfange des vorigen Jahrhunderts ungefähr 8° östlich war; daß sie seit der Zeit allmählig abgenommen hat, und im Jahr 1657 Null gewesen ist, daß sie darauf westlich geworden und bis jetzt immer gewachsen ist.

Fast denselben Gang hat sie in Paris genommen; nur war sie daselbst erst 1666 Null, neun Jahre später als in London. Hieraus können Ew. H. sehen, welche sonderbare Verschiedenheit in der Abweichung der Magnetnadel sowohl an den verschiedenen Orten der Erde zu derselben Zeit, als an demselben Ort zu verschiedenen Zeiten statt findet.

Gegenwärtig ist die Abweichung nicht nur in ganz Europa, sondern auch in ganz Afrika und in dem größten Theil von Asien westlich, aber nicht an allen Orten gleich, sondern an einigen größer an andern geringer. So ist sie z. B. in Schottland und Norwegen größer; hingegen in Spanien, Italien und Griechenland kleiner als bey uns; in jenen Gegenden beträgt sie über 20°, in diesen ungefähr 12°. Auf der westlichen Küste von Afrika ist sie ungefähr 10°, und auf der östlichen 12°. Geht man aber in Asien gegen Osten fort, so nimmt sie immer mehr und mehr ab, und verschwindet endlich mitten in Siberien zu Jeniseisk, ingleichen in China zu Pekin, und in Japan; jenseits dieser Orte aber, wei-

ter nach Osten hin, wird sie östlich, und wächst nun wieder allmählig durch den nördlichen Theil des stillen Meeres hindurch bis an die westliche Küste von Amerika; von da fängt sie von neuem an abzunehmen, und wird in Canada, Florida, auf den antillischen Inseln und gegen die Küsten von Brasilien zu, wieder Null. Ueber diese Länder hinaus gegen Osten, das heißt gegen Europa und Afrika, wird sie wieder westlich, wie ich schon bemerkt habe.

Um eine vollständige Kenntniß von dem gegenwärtigen Zustande der magnetischen Abweichung zu erlangen, müßte man im Stande seyn zu bestimmen, wie groß dieselbe an allen Orten der Erde, sowohl auf dem festen Lande, als auf dem Meere wäre, und ob sie gegen Westen oder gegen Osten ginge. Eine solche Kenntniß würde ohne Zweifel von großem Nutzen seyn, aber sie ist nicht zu hoffen. Es gehörte dazu, daß es überall geschickte Leute gäbe, die, ein jeder an seinem Ort, die Abweichung sorgfältig beobachteten, und uns dann ihre Beobachtungen mittheilten. Ueberdem müßten wir einige Jahre warten, ehe die Nachrichten aus den entlegensten Ländern in unsere Hände kämen; wir würden also erst nach Verlauf von einigen Jahren zu dieser Kenntniß gelangen können. Allein wenn gleich die Abweichung sich in zwey bis drey Jahren nicht beträchtlich ändert, so würde doch schon die

geringe

geringe Veränderung, die sie allerdings in der Zeit erleidet, machen, daß wir aus allen diesen in den verschiedenen Ländern der Erde angestellten Beobachtungen keine genaue Kenntniß von der gegenwärtigen Beschaffenheit der magnetischen Abweichungen erlangen könnten.

Eine gleiche Bewandniß hat es mit den vergangenen Zeiten; ein jedes Jahr ist von den übrigen, den vergangenen sowohl als zukünftigen, in Absicht auf den Zustand der magnetischen Abweichungen verschieden. Indessen wäre es schon sehr zu wünschen, daß uns dieser Zustand nur von einem einzigen Jahre ganz genau bekannt wäre; unfehlbar würden wir dadurch viel Aufklärung in dieser dunkeln Sache bekommen.

Halley, ein berühmter englischer Astronom, hat es versucht, uns den Zustand der magnetischen Abweichung für das Jahr 1700 zu bestimmen; wobey er sich auf eine große Menge von Beobachtungen stützte, die in den verschiedensten Gegenden der Erde angestellt worden waren. Allein ausserdem, daß es ihm noch an Beobachtungen von beträchtlichen Strichen des Erdbodens fehlte, so waren auch die meisten Beobachtungen, die er anwandte, schon mehrere Jahre vor 1700 gemacht worden; und folglich konnten die Abweichungen unterdessen merkliche Veränderungen erlitten haben. Hieraus folgt,

Bayerische
Staatsbibliothek
München

daß dieser Zustand, den man auf einer Generalcharte des Erdbodens vorgestellt findet, als sehr mangelhaft zu betrachten ist; was würde es uns überdieß gegenwärtig helfen, den Zustand der Abweichung vom Jahr 1700 zu kennen, da er sich seitdem so sehr geändert hat?

Andere englische Geographen haben nachher zwar eine ähnliche Charte geliefert, wo alle Abweichungen so vorgestellt werden sollten, wie sie im Jahr 1744 waren. Aber da sie sich in demselben Fall, wie Halley, befanden, und es ihnen ebenfalls von Beobachtungen von mehreren Gegenden fehlte, so trugen sie kein Bedenken, diese Lücken nach der Halley'schen Charte auszufüllen, die unmöglich für das Jahr 1744 passen konnte. Ew. H. werden daraus sehen, daß unsere Kenntniß in Ansehung dieses wichtigen Gegenstandes der Physik noch sehr unvollkommen ist. Den 13. Oct. 1761.

N. S. Außer der Veränderung der Magnetnadel, von welcher in diesem Briefe die Rede ist, gibt es noch eine andere, welche man die tägliche Veränderung oder die Variation der Magnetnadel zu nennen pflegt. Man hat nehmlich bemerkt, daß die Abweichung täglich fast regelmäßig von 8 oder 9 Uhr des Morgens bis 1 oder 2 Uhr Nachmittags zunimmt, daß die Nadel alsdann eine

kurze Zeit stille steht, und darauf wieder zurückgeht. Diese Veränderung beträgt selten mehr als einen Viertelgrad, und man schreibt die Ursache derselben vorzüglich der Veränderung der Temperatur zu; auch hat vielleicht die Luftelektrizität einen Antheil daran, die bekanntlich ebenfalls ungefähr von 8 Uhr des Morgens bis gegen 2 Uhr Nachmittags zu wachsen, und alsdann wieder abzunehmen pflegt.

A. d. U.

Hundert und sechs und achtzigster Brief.

Es wird nicht überflüssig seyn, zu erklären, auf welche Weise Halley verfuhr, um die Abweichungen der Magnetnadel auf der Charte, die er für das Jahr 1700 verfertigte, vorzustellen, damit, wenn Ew. Hoheit sie einmal zu Gesicht bekämen, Sie die Einrichtung derselben verstehen.

Zuerst bemerkte er an einem jeden Ort die Abweichung, so wie sie daselbst beobachtet worden war; dann zeichnete er unter allen diesen Orten diejenigen aus, wo gar keine Abweichung statt fand, und sahe, daß sie alle in eine gewisse Linie fielen, welche er die Linie ohne Abweichung nennt, weil da-

mals überall auf dieser Linie die Abweichung Null war. Diese Linie war weder ein Meridian, noch ein Parallelkreis, sondern sie ging in sehr schiefen Krümmungen durch das nördliche Amerika, und kam nahe an der Küste von Carolina heraus; von da zog sie sich durch das atlantische Meer, zwischen Afrika und Amerika hin. Ausser dieser Linie entdeckte er noch eine andere, wo die Abweichung ebenfalls verschwand; diese lief mitten durch China hindurch und von da über die Philippinischen Inseln und Neu-Holland. Man kann aus dem Lauf dieser beyden Linien schließen, daß sie sich um die Pole herum vereinigen.

Nachdem die beyden Linien, in welchen gar keine Abweichung statt findet, bestimmt waren, so bemerkte Halley, daß überall zwischen der erstern und der letztern, wenn man von Abend gegen Morgen geht, das heißt, in Europa, Afrika und einem großen Theil von Asien, die Abweichung westlich; hingegen auf der andern Seite zwischen diesen Linien, nehmlich in dem ganzen stillen Meere, östlich wäre. Hierauf suchte er diejenigen Orte zusammen, wo die Abweichung 5° westlich war; und er sahe, daß er durch diese bequem eine Linie ziehen konnte, welche er die Linie von 5° westlicher Abweichung nannte. Er fand gleichfalls zwey Linien dieser Art, von welchen die eine der erstern Linie ohne Abweichung

und die andere der letztern gleichsam zur Seite ging. Auf gleiche Art verfuhr er mit den Orten, wo die Abweichung 10° betrug, ferner mit denen, wo sie 15°, 20° u. s. w. war; und es ergab sich, daß die Linien dieser großen Abweichungen auf die Gegenden um die Pole eingeschränkt waren, da hingegen die, in welchen die Abweichungen geringer waren, über die ganze Erde liefen und den Aequator durchschnitten.

Wirklich geht auch die Abweichung unter dem Aequator kaum über 15° sowohl gegen Westen als gegen Osten. Kommt man aber näher gegen die Pole, so trifft man auf Orte, wo die Abweichung über 58° und 60° steigt; und ohne Zweifel gibt es andere, wo sie noch größer ist, und bis auf 90° und darüber kommt, und wo sich folglich die nördliche Spitze der Nadel gegen Süden kehrt.

Endlich wurden ähnliche Linien auch durch diejenigen Orte gezogen, wo die Abweichung 5°, 10°. 15° u. s. w. östlich war; und nun war die ganze Charte fertig, welche die Oberfläche der Erde mit solchen Linien vorstellte, in deren jeder die Abweichung durchgehends gleich viel betrug, vorausgesetzt, daß die Beobachtungen richtig waren. Auch war Halley gewissenhaft genug, die Linien nicht weiter zu ziehen, als seine Beobachtungen gingen; und

darum ist der größte Theil seiner Charte von solchen Linien entblößt.

Hätte man aber eine solche Charte, die richtig und vollständig wäre, so würde man mit Einem Blick übersehen können, was für eine Abweichung an einem jeden Ort, zu der Zeit, für welche die Charte gemacht wäre, statt gefunden hätte; und fände sich auch ein bestimmter Ort nicht genau auf einer der bezeichneten Linien, so würde man doch die Abweichung, die ihm zukäme, leicht finden, wenn man ihn mit den Linien, zwischen denen er läge, vergliche. Wenn ich mich z. B. zwischen den Linien von 10° und von 15° westlicher Abweichung befände, so wäre ich überzeugt, daß die Abweichung daselbst mehr als 10° und weniger als 15° ausmachte, und je nachdem ich der einen oder der andern von diesen beyden Linien näher wäre, würde ich leicht das Mittel finden, welches mir die wahre Abweichung anzeigte.

Ew. H. werden hieraus ohne Schwierigkeit erkennen, daß, wenn man eine solche genaue Charte hätte, sie sehr gut zur Bestimmung der Längen dienen müßte, wenigstens in der Zeit, für die sie gemacht wäre. Um zu zeigen, wie dieß geschehen könnte, wollen wir annehmen, wir hätten eine solche Charte, die für dieses Jahr verfertigt wäre. Wir würden darauf zuerst die beyden Linien ohne Abweichung

sehen, ferner zwey andere, in welchen sie 5°, 10°, 15°, 20° u. s. w. sowohl östlich als westlich wäre. Der grössern Genauigkeit wegen wollen wir annehmen, diese Linien wären von Grad zu Grad gezogen, und ich befände mich irgend wo auf dem Meere, oder in einem unbekannten Lande: so dürfte ich nur eine Mittagslinie ziehen, um zu suchen, wie viel die Magnetnadel davon abwiche; sähe ich nun z. B. daß die Abweichung gerade 10° östlich wäre, so wüßte ich, daß ich mich auf einer von diesen beyden Linien befände, welches mir in meiner Ungewißheit schon viel Licht geben würde. Hierauf beobachtete ich die Polhöhe, dadurch erführe ich die Breite meines Ortes, und so bliebe mir nichts mehr übrig, als auf den beyden erwähnten Linien diejenigen Punkte zu bemerken, deren Breite mit der beobachteten übereinstimmte; und dann würde ich blos zwischen diesen beyden sehr weit von einander entfernten Punkten zu entscheiden haben; diese Entscheidung aber würde durch die übrigen Umstände der Reise sehr leicht bestimmt werden.

Ew. H. werden gestehen, daß wenn wir solche Charten hätten, diese Methode die bequemste von allen wäre, die ich im vorhergehenden angeführt habe. Diese Charten aber fehlen uns noch; und da wir aus Mangel an hinlänglichen Beobachtungen nicht einmal im Stande sind, für die vergange-

ne Zeit eine zu verfertigen, (die uns gegenwärtig doch nichts helfen würde): so können wir noch viel weniger die Veränderungen bestimmen, die ein jeder Ort in der Folge in Ansehung der Abweichung erleidet. Die bisherigen Beobachtungen lehren uns, daß manche Orte sehr beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind, indeß andere in derselben Zeit fast gar keine erfahren; und dieß benimmt uns beynahe die Hoffnung, diese Methode, so vortreflich sie auch an sich selbst seyn mag, jemals in Ausübung bringen zu können. Den 17. Oct. 1761.

N. S. John Churchman, ein Amerikaner, hat im Jahr 1790 eine Schrift herausgegeben, welche diese Methode auf einmal in ihrer völligen Anwendbarkeit lehren, das heißt, eine Theorie der magnetischen Abweichung enthalten sollte, nach welcher der Zustand derselben auf der ganzen Erde für eine jede, sowohl vergangene als zukünftige Zeit mit Sicherheit bestimmt werden könnte; es ist sogar eine Charte von der nördlichen Hälfte der Erde beygefügt, welche diese Abweichung für das Jahr 1794 darstellt. Allein der einzige Fehler dabey ist, daß weder die Sätze, worauf die Theorie sich gründet, erwiesen, (einige widerstreiten sogar sichern Beobachtungen), noch die auf der Charte angegebenen Abweichungen für manche Orte nur wahrscheinlich

sind. Vergl. Zimmermanns Annalen der Geographie und Statistik. 2ter Band. S. 319. ff.

A. d. U.

Hundert und sieben und achtzigster Brief.

Ew. H. werden ohne Zweifel zu erfahren wünschen, warum die Magnetnadel an einem jeden Ort der Erde eine bestimmte Richtung annimmt; warum diese nicht an allen Orten gleich ist, und warum sie sich an demselben Ort mit der Zeit verändert. Diese wichtigen Fragen werde ich nach meinem besten Wissen zu beantworten suchen, ich fürchte aber sehr, daß ich Ew. H. nicht, so wie ich wünsche, werde befriedigen können.

Zuerst bemerke ich, daß die Magnetnadeln diese Eigenschaft mit allen Magneten gemein haben, und daß sie blos bey jenen mehr in die Augen fällt, weil sie auf einer Spitze im Gleichgewicht liegen und sich frey herum drehen können. Hängt man einen Magnet an einem Faden auf, so nimmt er immer einerley Lage an, und läßt man ihn in einem kleinen Gefäß auf dem Wasser schwimmen, so dreht sich das Gefäß beständig nach derselben Gegend. An einem

jeden Magnet bemerkt man zwey einander entgegengesetzte Punkte, von welchen sich der eine, wie bey der Magnetnadel, beständig nach der nördlichen, und der andere nach der südlichen Himmelsgegend richtet.

Diese Punkte lassen sich auch an einem jeden Magnet ohne Schwierigkeit finden, weil er an diesen Stellen das Eisen am stärksten anzieht*). Man nennt sie die Pole des Magnets, — eine Benennung, die man von den Polen der Erde oder des Himmels, nach welchen diese Punkte ein Bestreben haben, sich zu drehen, entlehnt hat; denn als man diese Namen einführte, kannte man die Abweichung noch nicht. Derjenige von diesen Polen, welcher sich gegen Norden richtet, heißt der Nordpol, und der andere, der sich gegen Süden richtet, der Südpol des Magnets.

Ich habe schon einmal erinnert, daß eine Magnetnadel, und eben so auch ein Magnetstein, nur

*) Man darf ihn daher nur in Feilstaub legen, wo sich dieser am stärksten anhängt, da sind die Pole; oder man führe ein feines Stückchen Eisendraht, etwa zwey bis drey Linien lang, auf der Oberfläche des Magnets umher, da wo es sich gerade aufrecht stellt, liegen die Pole. Man findet auch Magnete mit drey und mehrern Polen; diese heißen zusammengesetzte oder anomalische Magnete.

A. d. U.

alsdann ihre natürliche Lage annimmt, wenn sich in der Nähe kein anderer Magnet oder Eisen befindet. Bringt man sie in die Nachbarschaft eines Magnets, so wird ihre Lage durch die Pole desselben bestimmt; der nördliche Pol nehmlich zieht das südliche, und der südliche das nördliche Ende der Nadel an. Wenn daher von zwey Magneten die Rede ist, so nennt man diejenigen Pole, welche ungleiche Namen haben, freundschaftliche Pole, und diejenigen, welche gleiche Namen haben, feindschaftliche; und es ist eine Erscheinung, welche die größte Aufmerksamkeit verdient, daß, wenn zwey Magnete zusammen gebracht werden, nicht nur die ungleichnamigen Pole einander anziehen, sondern auch die gleichnamigen einander, so zu sagen, fliehen oder zurückstoßen. Am deutlichsten kann man dieß wahrnehmen, wenn man zwey Magnetnadeln nahe an einander bringt.

Zu unserer Absicht wird es sehr wichtig seyn, die Lage, welche eine Magnetnadel in der Nähe eines Magnets annimmt, genauer zu betrachten.

Der Stab AB (Fig. 12.) stelle einen Magnet vor, dessen Nordpol in B, und dessen Südpol in A ist; Ew. H. bemerken hier verschiedene Stellungen der Magnetnadel ab, die ich in der Gestalt eines Pfeils vorgestellt habe, wovon das mit b bezeichnete Ende der Nordpol, und das mit a bezeichnete

der Südpol seyn soll. Dem Südpol A des magnetischen Stabes kehrt die Nadel in allen Stellungen die nördliche Spitze b, und dem Nordpol B in allen Lagen das südliche Ende a zu; und Ew. H. dürfen nur die Figur genau betrachten, um selbst zu beurtheilen, welche Lage die Magnetnadel in jeder Stelle um den Magnet annehmen wird.

Wenn es also irgend wo einen sehr großen Magnet AB gäbe, so würden die um ihn herum liegenden Magnetnadeln an jeder Stelle eine gewisse Lage annehmen, wie wir sehen, daß es wirklich rund um die Erde geschiehet; oder auch wenn die Erde selbst dieser Magnet wäre, so würde man begreifen, warum die Magnetnadeln sich überall nach einer gewissen Richtung stellen. Und in der That nehmen die Physiker, zur Erklärung dieser Erscheinung an, daß die ganze Erde die Eigenschaft eines Magnets habe, oder daß wir sie als einen sehr großen Magnet betrachten müssen. Einige unter ihnen behaupten auch, daß sich innerhalb der Erde ein sehr großer Magnet befinde, dessen Kraft auf alle Magnetnadeln und überhaupt auf alle Magnete wirke, die sich auf der Oberfläche derselben befinden, und ihnen eben die bestimmte Richtung gebe, die wir an ihnen gewahr werden.

Allein wir haben nicht nöthig einen solchen, in dem Innern der Erde verborgenen Magnet anzuneh-

men; ihre Oberfläche selbst ist so sehr mit Eisenerzen und Magnetsteinen erfüllt, daß die vereinigte Kraft derselben die Stelle jenes großen Magnets vertreten kann. Auch kommen alle Magnete aus Eisengruben her*), ein sicherer Beweis, daß sie in den Eingeweiden der Erde in großem Ueberfluß vorhanden sind, und daß ihre Kräfte zusammen die allgemeine Kraft ausmachen, welche die magnetischen Erscheinungen hervorbringt. Hieraus können wir uns auch erklären, warum die magnetische Abweichung an demselben Ort der Erde zu verschiedenen Zeiten verschieden ist. Denn wir wissen, daß alle Erze, besonders aber die Eisenerze, zu welchen der Magnet gehört, beständigen Veränderungen in der Erde unterworfen sind: bald erzeugt sich an einem Orte Eisen, bald geht es wieder ein, so daß man heutigstags an Orten Eisenminen findet, wo es ehemals keine gab; und umgekehrt, da, wo sie sonst häufig vorhanden waren, gegenwärtig fast keine mehr antrifft. Dieß beweist hinreichend, daß die gesammte Masse der in der Erde befindlichen Magnete sehr große Veränderungen erleidet, und eben dadurch auch die Po-

*) Der Magnet nehmlich, oder der Magnetstein, den man in der Erde findet, ist nichts anders, als ein Eisenerz, meistens von einer schwärzlichen oder dunkelbraunen Farbe und sehr hart. Man findet ihn fast überall in reichhaltigen Eisengruben. A. d. U.

le, von welchen die magnetische Abweichung abhängt, mit der Zeit verändert werden *).

Hierin also muß man die Ursache suchen, warum die magnetischen Abweichungen so beträchtlichen Veränderungen an denselben Orten der Erde unterworfen sind. Aber eben weil diese Veränderungen von Ereignissen, die im Innern der Erde vorgehen, herrühren, so haben wir keine Hoffnung, daß wir je so weit kommen sollten, sie voraus bestimmen zu können, es sey denn, daß wir die Veränderungen der Erde auf ein festes Gesetz zurückführen lernten. Vielleicht könnte uns eine lange Reihe von Beobachtungen, durch mehrere Jahrhunderte fortgesetzt, Aufklärung darüber verschaffen. Den 20. Oct. 1761.

*) Diese Erklärung hat nicht viel Wahrscheinlichkeit; die Veränderungen, die wir in der Abweichung der Magnetnadel bemerken, haben im Ganzen eine Regelmäsigkeit, die uns keine Erfahrung in den Veränderungen, welche mit dem Eisen in der Erde vorgehen, anzunehmen berechtigt. Auch hat man noch nicht gefunden, daß nahe Eisenbergwerke einen merklichen Einfluß auf den Stand der Magnetnadel hätten. A. d. U.

Hundert und acht und achtzigster Brief.

Diejenigen, welche behaupten, daß die Erde einen großen Magnet wie einen Kern in ihren Schooß verschlossen halte, suchen die Veränderungen der magnetischen Abweichung dadurch zu erklären, daß sie sagen, dieser Kern verändere nach und nach seine Lage. Er müßte also nirgends mit der Erdrinde selbst zusammenhängen, sondern sich frey bewegen können; und da seine Bewegung ohne Zweifel nach einem bestimmten Gesetz geschähe, so hätten wir Hoffnung, dasselbe noch einmal zu entdecken. Unterdessen mag nun ein solcher magnetischer Kern in der Erde enthalten seyn, oder mögen die auf der Oberfläche der Erde zerstreuten Magnete durch ihre vereinigte Wirkung die magnetischen Erscheinungen hervorbringen: so kann man immer die Erde selbst als einen Magnet betrachten, nach dem sich alle einzelnen Magnete und Magnetnadeln richten*).

Man hat den Versuch gemacht, einen Magnet von vorzüglicher Stärke in eine Kugel einzuschließen,

*) Und es ist unstreitig auch das beste, es vor der Hand dabey bewenden zu lassen. Daß die Erde sich wie ein Magnet verhalte, ist gewiß, was aber die Ursach davon sey, ist durchaus unbekannt.

A. d. U.

und auf der Oberfläche derselben an verschiedenen Stellen eine Magnetnadel anzubringen; und man hat gefunden, daß die Wirkungen den magnetischen Erscheinungen auf der Erde sehr ähnlich waren, wenn man den Magnet nach und nach in verschiedene Lagen brachte. Betrachtet man die Erde als einen Magnet, so wird sie ihre magnetischen Pole haben, die man von den natürlichen Polen, um welche sie sich dreht, wohl unterscheiden muß; diese verschiedenen Pole haben nichts mit einander gemein, als den Namen; allein von der Lage der magnetischen Pole gegen die natürlichen rühren eben die scheinbaren Unregelmäßigkeiten der magnetischen Abweichung, und besonders der auf der Erde gezogenen Linien her, von denen ich in einem der vorhergehenden Briefe gesprochen habe.

Um diese Sache noch mehr zu erläutern, bemerke ich, daß wenn die magnetischen Pole genau mit den natürlichen zusammenfielen, gar keine Abweichung auf der Erde statt finden würde; die Magnetnadeln würden überall gerade von Norden nach Süden gerichtet seyn, und genau mit der Richtung der Mittagslinien übereinstimmen. Dieß wäre unstreitig ein großer Vortheil für die Schiffarth, weil man alsdann den Lauf des Schiffes und die Richtung des Windes immer genau würde bestimmen können; anstatt daß man jetzt erst die Abweichung der Magnet-

nadel suchen muß, ehe man die wahren Weltgegenden bestimmen kann. Alsdann aber würden wir von dem Compaß keine Hülfe zur Bestimmung der Längen haben, die wir wohl noch einmal von der Abweichung erlangen können.

Man kann daraus schließen, daß, wenn auch die magnetischen Pole der Erde von den natürlichen weit abwichen, und nur einander gerade entgegengesetzt wären, das heißt, wenn die magnetische Achse oder die gerade Linie, die von einem magnetischen Pol zu dem andern gezogen wird, durch den Mittelpunkt der Erde ginge, — daß, sage ich, die Magnetnadeln sich alsdann überall gegen diese Pole richten müßten, und es nicht schwer seyn würde, ihre Lage für alle Orte der Erde zu bestimmen. Man dürfte nur durch jeden Ort einen Kreis beschreiben, der zugleich durch die beyden magnetischen Pole ginge, so würde der Winkel, den dieser Kreis mit dem Meridian des Ortes machte, die magnetische Abweichung geben.

In diesem Fall würden die beyden Linien, unter welchen die Abweichung Null ist, die Mittagskreise der magnetischen Pole seyn. Allein da wir gesehen haben, daß wirklich die zwey Linien ohne Abweichung keine Mittagskreise sind, sondern einen sehr sonderbaren Lauf haben, so folgt daraus, daß dieser Fall auf der Erde nicht statt findet. Hal-

ley hat diese Folgerung sehr gut eingesehen, und daher geglaubt, einen doppelten Magnet, einen festen und einen beweglichen, in dem Innern der Erde annehmen zu müssen; eben so hat er auch vier Pole angenommen, von welchen zwey sich in der Nähe des Nordpols, und die andern beyden in der Nähe des Südpols in ungleichen Entfernungen befänden. Dieser Schluß aber scheint mir ein wenig gewagt: daraus, daß die Linien ohne Abweichung keine Mittagskreise sind, folgt noch nicht, daß es vier magnetische Pole gibt, sondern nur, daß es zwey sind, die einander nicht gerade entgegenstehen, oder, welches einerley ist, daß die magnetische Achse nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht.

Es bleibt uns also noch übrig die Fälle zu betrachten, wo die beyden magnetischen Pole einander nicht gerade entgegengesetzt sind, und wo ihre Achse nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht; denn wenn wir die Hypothese von dem magnetischen Kern, der in der Erde befindlich ist, annehmen, was nöthigt uns zu glauben, daß der eine Pol dem andern gerade entgegengesetzt sey? es kann ja eben so gut seyn, daß dieser Kern sich nicht mitten in der Erde, sondern in einiger Entfernung von dem Mittelpunkt befindet. Sobald aber die Pole einander nicht mehr gerade gegenüber liegen, so bekommen die Linien, in welchen keine Abweichung statt findet, wirklich ei-

ne Gestalt, die derjenigen ähnlich ist, welche man aus den Beobachtungen gefunden hat; und es ist sogar möglich, den magnetischen Polen solche Stellen auf der Erde anzuweisen, daß nicht nur diese Linien mit den Beobachtungen übereinstimmen, sondern auch für alle übrigen Grade, sowohl der östlichen als westlichen Abweichung, Linien herauskommen, welche denen vollkommen ähnlich sind, die uns anfänglich so sonderbar geschienen haben.

Wenn man also die Beschaffenheit der magnetischen Abweichung auf der ganzen Erde kennen will, so kommt es nur darauf an, daß man die beyden magnetischen Pole festsetze; alsdann ist es eine Sache der Geometrie, den Lauf aller derjenigen Linien zu bestimmen, von welchen ich in meinem vorhergehenden Briefe gesprochen habe, (die nehmlich durch alle Oerter gehen, wo die Abweichung gleich ist). Eben dadurch würde man auch im Stande seyn, diese Linien auf der Halley'schen Charte zu berichtigen, und die Gegenden auszufüllen, von welchen ihm die Beobachtungen fehlten. Könnte man endlich für alle zukünftige Zeiten die Stellen der beyden magnetischen Pole auf der Erde bestimmen, so würde das unstreitig die schönste Auflösung des Problems der Längen seyn.

Man hat also nicht nöthig, mit Halley einen doppelten Magnet, oder vier magnetische Pole an-

zunehmen, um die Erscheinungen der magnetischen Abweichung zu erklären; ein einziger Magnet, oder zwey magnetische Pole sind hinreichend, wenn man nur einem jeden seinen gehörigen Platz anweist. Mir deucht, wir sind durch diese Betrachtung in unserer Kenntniß der magnetischen Kraft um sehr viel weiter gekommen. Den 24. Oct. 1761.

Hundert und neun und achtzigster Brief.

Ew. H. werden sich erinnern, daß, wenn eine Nadel mit einem Magnet gestrichen wird, sie dadurch nicht nur die Eigenschaft erhält, sich nach einem gewissen Punkt des Horizonts zu richten, sondern daß sich auch ihr nördliches Ende niedersenkt, als wenn es schwerer geworden wäre, und daß man daher entweder von diesem etwas abnehmen, oder dem entgegengesetzten Ende etwas zusetzen muß, um die Nadel wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Ich habe mehrere Versuche angestellt, um zu sehen, wie weit das nördliche Ende der Magnetnadel durch die magnetische Kraft niedergezogen würde, und ich habe gefunden, daß es bis zu einem Winkel von 72 Graden unter die horizontale Linie herabsank, und

in dieser Lage in Ruhe blieb. Doch muß ich bemerken, daß ich diese Versuche in Berlin und bereits vor sechs Jahren gemacht habe; denn auch diese Erscheinung ist, so wie die Abweichung an verschiedenen Orten zu derselben Zeit, und an demselben Ort zu verschiedenen Zeiten, verschieden.

Wir sehen daraus, daß die magnetische Kraft der Erde eine doppelte Wirkung auf die Magnetnadeln hat: einmal ertheilt sie ihnen eine Richtung nach einer gewissen Gegend des Horizonts, wovon die magnetische Abweichung herrührt; dann macht sie, daß sie sich gegen den Horizont neigen, oder sich mit dem einen Ende unter die Horizontal-Linie bis auf einen gewissen Winkel herabsenken.

Es sey de (Fig. 13.) die nach der Richtung der magnetischen Abweichung gezogene Horizontal-Linie, so wird die Nadel in Berlin die Lage von ab annehmen, die mit de den Winkel dcb oder eca, der 72° ist, und folglich mit der Vertikal-Linie fg einen Winkel bcg oder acf, von 18° macht. Diese zweyte Wirkung der magnetischen Kraft, vermöge welcher die Magnetnadeln sich unter einem gewissen Winkel gegen den Horizont neigen, ist eben so merkwürdig, als die erste; und so wie diese die magnetische Abweichung genannt wird, so ist jene unter dem Namen der magnetischen Neigung bekannt. Sie verdient, so gut als die Abweichung, überall mit

aller möglichen Sorgfalt beobachtet zu werden, da man bey ihr eine eben so große Verschiedenheit antrifft *).

In Berlin hat man die Neigung 72°, in Basel nur 70° gefunden; das nördliche Ende der Nadel war hier gegen den Horizont gekehrt, und folglich das andere von der Erde abwärts gerichtet. Dieß ist in unsern Gegenden überall der Fall, weil sie näher bey dem magnetischen Nordpol der Erde liegen. Je mehr wir uns diesem nähern, desto größer wird die Neigung der Nadel, oder desto mehr nähert sie sich der Vertikal-Linie; und könnten wir zu dem Pol selbst kommen, so würde sie daselbst eine völlig vertikale Lage annehmen, die nördliche Spitze nach unten und die südliche nach oben gekehrt. Im Gegentheil, je mehr man sich von dem magnetischen Nordpol der Erde entfernt, und dem Südpol nähert, desto mehr nimmt die Neigung ab; sie wird endlich ganz verschwinden, und die Nadel eine ho-

*) Doch muß man bemerken, daß sie an demselben Ort bey weitem nicht so veränderlich ist, als die Abweichung. So soll sie in London im Jahr 1576, 71° 50′, und im Jahr 1775, 72° 3′ gewesen seyn, also in 200 Jahren sich nur um 13 Minuten verändert haben, da hingegen die Abweichung sich in derselben Zeit um mehr als 30 Grade verändert hat.

rizontale Lage annehmen, wenn man an einen Ort kommt, der von beyden magnetischen Polen gleich weit entfernt ist. Geht man alsdann noch weiter nach dem Südpol zu, so wird die südliche Spitze der Nadel sich immer mehr und mehr unter die Horizontal-Linie neigen, und das nördliche Ende sich über dieselbe erheben, bis man zu dem Pol selbst kommt, wo die Nadel von neuem ganz vertikal wird, und ihr südliches Ende nach unten und das nördliche nach oben kehrt *).

Es wäre sehr zu wünschen, daß man überall eben so sorgfältige Versuche zur Bestimmung der magnetischen Neigung anstellte, als man über die Abweichung gemacht hat; allein man hat diesen wichtigen Gegenstand mit Unrecht bisher vernachlässigt. Doch darf man sich so sehr darüber nicht wundern; diese Art von Versuchen ist gar zu vielen Schwierig-

*) Der Verfasser drückt sich so aus, als ob sich die nördliche Spitze der Magnetnadel gegen den magnetischen Nordpol der Erde, und die südliche gegen den magnetischen Südpol derselben kehre, da doch nach dem im 187sten Briefe angeführten Gesetz, die gleichnamigen Pole einander zurückstoßen und nur die ungleichnamigen einander anziehen. Aus den obigen Erscheinungen folgt also, daß in der nördlichen Halbkugel der Erde der magnetische Südpol, und in der südlichen Halbkugel der magnetische Nordpol liegt.

A. d. U.

keiten unterworfen, und fast alle Methoden, die man bis jetzt zur Beobachtung der magnetischen Neigung erdacht hat, haben nicht den erwünschten Erfolg gehabt. Nur einem Künstler in Basel, Namens Dieterich, ist es gelungen, eine zu diesem Endzweck geschickte Maschine, nach Anleitung des berühmten Daniel Bernoulli, zu Stande zu bringen *). Er hat mir zwey solche Maschinen geschickt, mit welchen ich hier Beobachtungen angestellt, und die Neigung 72 Grad gefunden habe. Weder die Engländer noch die Franzosen, so viel sie sonst von solchen Erfindungen halten, haben sich sehr um die Dieterichsche Maschine bekümmert, ob sie gleich die einzige ist, die zu dieser Absicht taugt. Dieß ist ein Beyspiel, wie sehr die Fortschritte in den Wissenschaften durch Vorurtheile gehemmt werden; und das ist auch die Ursache, warum Basel und Berlin zur Zeit noch die einzigen Orre sind, von denen man die Neigung der Magnetnadel kennt.

Die Magnetnadeln, die auf einem Stift oder einer vertikalen Spitze ruhen, sind durchaus nicht geschickt, uns die Größe der magnetischen Neigung

*) Nach der Zeit haben Brander und Höschel, zwey geschickte Künstler in Augsburg, sehr brauchbare Neigungsnadeln verfertigt, auch eine Beschreibung davon herausgegeben. Augsburg. 1779. 8.

A. d. U.

anzugeben; sie zeigen nur die Wirkung im allgemeinen an, indem das nördliche Ende in unsern Gegenden schwerer wird; und will man sie zur Beobachtung der Abweichung gebrauchen, so muß man diese Wirkung aufheben, dadurch, daß man das nördliche Ende leichter, oder das südliche schwerer macht. Gemeiniglich bedient man sich des letztern Mittels, und befestigt an die südliche Spitze etwas Wachs oder Bley. Ew. H. aber sehen leicht ein, daß die Größe dieses Gegengewichts durch die Stärke der magnetischen Kraft bestimmt wird, und daß sie folglich an verschiedenen Orten verschieden seyn muß. Reisen wir mit einer solchen Nadel z. B. gegen den magnetischen Nordpol der Erde, so nimmt die Kraft, welche die Neigung der Nadel bewirkt, zu, und wir müssen also das Gegengewicht auf dem südlichen Ende vergrößern. Wenn wir aber gegen Süden reisen, und uns dem andern magnetischen Pol nähern, wo die Neigung geringer wird, so müssen wir das Gegengewicht verkleinern, und es endlich ganz wegnehmen, wenn wir an diejenigen Orte kommen, wo alle magnetische Neigung aufhört. Gehen wir von da noch weiter nach dem südlichen Pol zu, so fängt das südliche Ende der Nadel an, sich unterwärts zu neigen, und wir sind alsdann genöthigt, das Wachs an das nördliche Ende zu befestigen. Auf diese Weise muß man wirklich auf

großen Reisen verfahren, um den Compaß immer in einer horizontalen Lage zu erhalten.

Um die Neigung der Magnetnadel zu beobachten, muß man durchaus eigen dazu verfertigte Instrumente haben, demjenigen ähnlich, welches der vorhingenannte Baseler Künstler erfunden hat. Man nennt ein solches Instrument einen Neigungscompaß oder eine Neigungsnadel, auch ein Inclinatorium; allein es hat keinen Anschein, daß man so bald Gebrauch davon machen werde *). Noch weniger kann man hoffen, daß man bald solche Charten über die magnetische Neigung verfertigen werde, als wir bereits über die Abweichung besitzen; man könnte dabey füglich dieselbe Methode befolgen, und Linien durch alle Orte ziehen, wo die magnetische Neigung gleich ist; man würde also ebenfalls zuerst Linien ohne Neigung, dann solche, wo die Neigung 5°, 10°, 15°, 20° u. s. w. sowohl gegen Norden

*) Nach der Zeit haben die Herren Mallet und Pictet aus Genf, die den Auftrag hatten, den letzten Durchgang der Venus durch die Sonne in Lappland zu beobachten, eine solche Neigungsnadel gebraucht, und im May des Jahres 1769 die magnetische Neigung zu Petersburg 73°, 40′; ferner in Lappland zu Kola 77°, 45′; zu Umba 75°, 10′ und zu Ponoi 76°, 30′ gefunden.

als gegen Süden wäre, bekommen*). Den 27ten Oct. 1761.

Hundert und neunzigster Brief.

Um sich eine richtige Vorstellung von der Wirkung der magnetischen Kraft der Erde zu machen, muß man sowohl auf die Abweichung als auf die Neigung der Magnetnadeln an einem jeden Ort der Erde Rücksicht nehmen. Wir wissen, daß in Berlin die Abweichung 15° westlich; und die Neigung der nördlichen Spitze 72° ist. Beydes zusammen gibt die wahre magnetische Richtung für Berlin. Man ziehe also zuerst auf einer horizontalen Ebene eine Linie, welche mit der Mittagslinie einen Winkel von 15° gegen Westen macht, alsdann lege man durch diese Linie eine vertikale Ebene, und ziehe in derselben unterwärts eine Linie, welche gegen die erstere unter einem Winkel von 72° geneigt ist: so wird diese letztere uns die magnetische Richtung für Berlin anzeigen. Auf eine ähnliche Weise müßte

*) Einen Versuch einer magnetischen Neigungscharte, ganz nach dieser Methode verfertigt, hat Wilke im dreyßigsten Bande der schwedischen Abhandlungen geliefert. Auch findet man sowohl die Neigungs- als die Abweichungslinien auf den Planigloben von Funk (Leipz. 1781.) verzeichnet. A. d. U.

man an einem jeden andern Ort verfahren, wenn man die magnetische Richtung an demselben bestimmen wollte.

Ein jeder Magnet zeigt uns völlig ähnliche Erscheinungen; man darf ihn nur auf eine Tafel, die mit Eisenfeilspänen bestreut ist, legen, so wird man sehen, daß sich die Spähne sogleich rund um ihn herum legen werden, ungefähr so wie es in der 14. Figur vorgestellt ist, wo AB den Magnet bedeutet. Jedes Eisentheilchen kann hier als eine kleine Magnetnadel angesehen werden, die uns in jeder Stelle um den Magnet die magnetische Richtung anzeigt. Dieser Versuch führt uns zugleich auf die Untersuchung der Ursach aller magnetischen Erscheinungen.

Die Lage, in der wir den Feilstaub um den Magnet herum sehen, läßt uns nicht zweifeln, daß eine feine und unsichtbare Materie da sey, welche die Eisentheilchen durchströmt, und sie in diese Lage bringt. Eben so klar ist es, daß diese feine Materie nicht nur den Magnet selbst, von einem Pol zum andern, durchstreicht, sondern daß sie auch zu dem einen Pol herausströmt und von außen wieder zu dem ersten zurückkehrt, und so durch diese beständige Bewegung, die ohne Zweifel sehr schnell ist, eine Art von Wirbel um den Magnet bildet*).

*) Schwerlich wird es den Lesern so klar seyn, daß die Lage des Feilstaubs von einer wirbelnden Mate-

Das Wesen des Magnets besteht also in einem ununterbrochenen Wirbel, und dadurch unterscheidet er sich von allen andern Körpern. Auch die Erde wird, zufolge ihrer magnetischen Eigenschaften mit einem ähnlichen Wirbel umgeben seyn, der überall auf die Magnetnadeln wirkt, und sie nach seiner eigenen Richtung zu stellen strebt, welches eben die ist, die ich vorhin die magnetische Richtung genannt habe. Jene feine Materie strömt also beständig zu dem einen magnetischen Pole der Erde heraus, geht von da rund um dieselbe bis zu dem andern Pol zurie herrühren müßte, die den Magnet unaufhörlich umgäbe, und ihn selbst durchdränge. Die Theorie, welche Euler hier vorzutragen anfängt, hat, wie man bald sehen wird, so viel Gekünsteltes, daß, wenn sie auch die magnetischen Erscheinungen wirklich erklärte, man doch ein gerechtes Mißtrauen gegen sie haben müßte; allein es wird sich Gelegenheit genug zu bemerken finden, wie mangelhaft sie schon diese erste Bedingung erfüllt. Es war eine Zeit, wo man den Magnetismus schlechterdings nur durch Wirbel erklären zu können glaubte, und blos in Ansehung der Beschaffenheit dieser Wirbel wich man von einander ab. Heutigstags würde man lieber seine Unwissenheit gestehen, als zu einem so desperaten Mittel seine Zuflucht nehmen. Uebrigens wird es nicht unnütz seyn zu erinnern, daß die Lage des Feilstaubs um den Magnet richtiger so vorgestellt wird, wie es die Fig. 14* abbildet. A. d. U.

rück, dringt hier von neuem hinein und durchstreicht sie nach ihrer ganzen Dicke, bis sie wieder aus dem erstern Pol herausfährt.

Noch ist man aber nicht im Stande zu entscheiden, zu welchem von den beyden magnetischen Polen der Erde sie herein- oder herausgeht. Die Erscheinungen, die dadurch bewirkt werden, sind einander so vollkommen ähnlich, daß man sie noch nicht hat unterscheiden können. Ohne Zweifel kommt auch von diesem allgemeinen Wirbel der Erde die feine Materie zu den Wirbeln aller einzelnen Magnete her.

Was nun die Beschaffenheit dieser feinen Materie und ihre Bewegung betrifft, so muß man wissen, daß sie nur auf die Magnete, auf Eisen und Stahl wirkt; auf alle andern Körper aber keinen Einfluß hat; sie muß also gegen diese in einem ganz andern Verhältniß stehen, als gegen jene. Viele Versuche nöthigen uns zu glauben, daß sie die andern Körper ganz frey und sogar nach allen Seiten durchströmt: denn, wenn ein Magnet auf eine Nadel wirkt, so ist die Wirkung einerley, man mag zwischen beyde einen Körper halten, oder nicht, wenn es nur kein Eisen ist. Diese feine Materie muß also alle Körper, das Eisen ausgenommen, so leicht als die Luft, und selbst den reinen Aether durchstreichen, weil die magnetischen Versuche in dem leeren

Raum unter der Luftpumpe eben so gut von statten gehen. Sie ist folglich von dem Aether verschieden, ja sogar noch viel feiner als dieser. Sie umgiebt ferner die ganze Erde, bildet den allgemeinen Wirbel um sie herum, und durchdringt sie eben so frey, als die andern Körper, außer dem Eisen und dem Magnet; und deßwegen könnte man die letztern magnetische Körper nennen, um sie von den übrigen zu unterscheiden.

Wenn sich aber die magnetische Materie durch alle nicht magnetischen Körper frey hindurch bewegt, in welchem Verhältniß wird sie mit den magnetischen Körpern stehen? Wir haben gesehen, daß der magnetische Wirbel in einem jeden Magnet durch den einen Pol hinein, und durch den andern heraus geht; woraus man schließen sollte, daß er auch die Magnete ungehindert durchströmt, und diese also von den andern Körpern nicht unterschieden sind. Allein wenn die magnetische Materie die Magnete nur von einem Pol zum andern durchströmt, so ist das sehr von dem unterschieden, was bey den andern Körpern geschieht. Das ist also das unterscheidende Kennzeichen, daß die nicht magnetischen Körper von der magnetischen Materie nach allen Seiten, die Magnete hingegen nur nach einer einzigen, nehmlich von einem Pol zum andern, ungehindert durchdrungen werden. Was das Eisen und

den Stahl anbetrifft, so werden sie von der magnetischen Materie ebenfalls nur nach einer Richtung durchdrungen, wenn sie magnetisch sind, außerdem aber kann man sagen, daß sie der magnetischen Materie von keiner Seite einen freyen Durchgang gestatten.

Dieß scheint vielleicht befremdend, weil das Eisen Poren hat, durch welche sogar der Aether, der doch nicht so fein als die magnetische Materie ist, gehen kann. Man muß aber einen bloßen Durchgang von einer solchen Bewegung unterscheiden, wobey die bewegte Materie den Körper ungehindert und mit ihrer ganzen Schnelligkeit durchstreichen kann. Den 31. Oct. 1761.

Hundert und ein und neunzigster Brief.

Ich bin weit entfernt, die magnetischen Erscheinungen vollkommen erklären zu wollen; ich finde hier mehr Schwierigkeiten, als ich bey den Erscheinungen der Elektrizität gefunden habe. Die Ursache davon ist wohl diese: daß die Elektrizität blos in einer zu starken oder zu geringen Zusammenpressung einer feinen Flüssigkeit besteht, welche die

Zwi-

Zwischenräume der Körper erfüllt, ohne sich in beständiger Bewegung zu befinden; die magnetischen Erscheinungen aber sich nicht erklären lassen, ohne einen schnellen Wirbel einer feinen Materie um die magnetischen Körper anzunehmen.

Die Materie, welche diese Wirbel ausmacht, ist auch viel feiner, als der Aether, und geht durch die Poren der Magnete, die selbst für den Aether undurchdringlich sind, frey hindurch. Sie ist aber in dem Aether verbreitet und eben so mit ihm vermischt, wie er mit der Luft; oder, eben so wie der Aether die Poren der Luft erfüllt, so erfüllt die magnetische Materie die Poren des Aethers.

Ich stelle mir also vor, daß der Magnet und das Eisen so kleine Poren haben, daß der Aether selbst nicht hineinkommen, sondern blos die magnetische Materie sie durchdringen kann; diese sondert sich, wenn sie in die Poren übergeht, von dem Aether ab, und wird gleichsam durch diesen filtrirt. Sie befindet sich daher auch nur in den Poren des Magnets ganz rein, und ist sonst überall in dem Aether verbreitet und mit ihm vermischt.

Ew. H. werden sich leicht verschiedene Flüssigkeiten denken können, wovon eine immer feiner als die andere ist, und die doch alle zusammen vermischt sind. Die Natur giebt uns mehrere Beyspiele der Art: so wissen wir z. B., daß das Wasser in seinen Poren

Luft enthält, die wir oft unter der Gestalt kleiner Bläschen aus demselben heraufsteigen sehen; die Luft enthält ohne Zweifel wieder in ihren Poren eine ungleich feinere Flüssigkeit, den Aether, der sich bey vielen Gelegenheiten, z. B. bey manchen elektrischen Erscheinungen, davon absondert. Jetzt sehen wir, daß diese Stufenfolge noch weiter geht, und daß der Aether eine noch viel feinere Materie, nehmlich die magnetische, in sich schließt; in dieser sind vielleicht noch feinere Materien enthalten, wenigstens ist das nichts unmögliches.

Nachdem wir uns von dem Daseyn und der Beschaffenheit der magnetischen Materie überzeugt haben, so wollen wir sehen, auf welche Art sie ihre Wirkungen hervorbringt. In dieser Absicht betrachte ich zuerst einen Magnet; in diesem befinden sich, außer einer Menge Poren, die, wie bey allen Körpern, mit Aether erfüllt sind, noch andere viel engere, in welche die magnetische Materie allein hineinkommen kann; diese Poren haben ferner eine Verbindung mit einander und machen zusammen feine Röhren oder Kanäle aus, welche die magnetische Materie durchströmt, endlich kann diese Materie nur nach einer Seite durch die Röhren gehen, und nicht wieder in entgegengesetzter Richtung zurückfließen. Dieses letztere ist ein wesentlicher Umstand, der noch mehr ins Licht gesetzt werden muß.

Ich bemerke also zuförderst, daß die Adern und lymphatischen Gefäße in den thierischen Körpern Röhren von ähnlicher Beschaffenheit sind; es befinden sich Klappen darin, (in der 15. Fig. werden sie durch die Striche mn vorgestellt) die sich öffnen und dem Blut einen freyen Durchgang gestatten, wenn es von A nach B fließt, aber verhindern, daß es nicht von B nach A zurückgehen kann.

Denn wenn das Blut von B nach A fließen wollte, so würde es das bewegliche Ende der Klappe m gegen die Seite o der Ader drücken, und sich den Durchgang versperren. Eben so bedient man sich auch der Klappen bey Wasserleitungen, um zu verhindern, daß das Wasser nicht zurückfließe. Ich glaube also nichts widernatürliches anzunehmen, wenn ich sage, daß die feinen Kanäle in den Magneten, welche blos die magnetische Materie durchlassen, von einer ähnlichen Beschaffenheit sind.

Die 16te Figur giebt eine Abbildung von einem solchen magnetischen Kanal, wie ich ihn mir vorstelle. Ich denke ihn mir inwendig mit lauter feinen Fäserchen versehen, die von A nach B gerichtet sind, und der magnetischen Materie kein Hinderniß in den Weg legen, wenn sie von A nach B fließt, weil sie sich alsdenn von selbst in n öffnen; hingegen würden sie sogleich den Durchgang verschließen, wenn

die Materie rückwärts von B nach A durchströmen wollte. Das Besondere der magnetischen Kanäle besteht also darin, daß sie der magnetischen Materie nur in A den Eingang gestatten, und sie von da nach B fließen, aber durchaus nicht rückwärts von B nach A gehen lassen.

Aus dieser Einrichtung können wir es uns erklären, wie die magnetische Materie in die Kanäle eindringt und sie mit der größten Schnelligkeit durchströmt, selbst wenn der Aether umher sich in völliger Ruhe befindet. Dieß scheint vielleicht seltsam; denn was kann diese schnelle Bewegung hervorbringen? Allein es wird sehr klar werden, wenn Ew. H. sich zu erinnern belieben, daß der Aether eine elastische Materie ist; folglich wird die in ihm befindliche magnetische Materie von allen Seiten gedrückt werden. Dieß vorausgesetzt, sey der magnetische Kanal AB noch ganz leer, und am Eingange A befinde sich ein Theilchen der magnetischen Materie; dieses wird von allen Seiten gedrückt, außer da, wo es an den Kanal stößt, (weil der Aether in diesen nicht hineinkommen kann); es wird also mit der größten Stärke gegen den Kanal getrieben werden, und muß folglich auch mit der größten Schnelligkeit in ihn hineindringen; sogleich tritt ein anderes Theilchen der magnetischen Materie an seine Stelle, und wird auf dieselbe Weise fortgetrieben; dar-

aus wieder ein anderes, und so fort*). Es wird also ein beständiger Fluß von magnetischer Materie entstehen, die in B mit derselben Heftigkeit herausströmen muß, mit der er in A eindringt, weil ihm in dem Kanal kein Hinderniß entgegen steht.

Ich stelle mir also vor, daß es in einem jeden Magnet eine große Menge solcher magnetischen Kanäle gibt; und daraus folgt sehr natürlich, daß

*) Nichts ist wohl schwerer zu begreifen, als diese Bewegung der magnetischen Materie durch die Elastizität des Aethers. Denn wenn die magnetische Materie, wie vorhergesagt wird, so fein ist, daß sie die Poren des Aethers einnimmt, und sich durch diese hindurch bewegen kann, so leidet sie ja von der Elastizität desselben keinen Druck. Gesetzt aber, sie würde auch von dem Aether gepreßt, so würde sie, aller Analogie nach zu schließen, nur alsdann mit solcher Heftigkeit durch den magnetischen Kanal getrieben werden, wenn der Aether ihn selbst durchdringen könnte. So wird eine Kugel von der Luft durch eine luftleere Röhre getrieben, indem die Luft selbst mit großer Gewalt durch die Röhre dringt. Endlich wäre es ganz unmöglich, daß die magnetische Materie auf der andern Seite zu den Kanälen wieder herauskommen könnte, weil der Aether ihr dort mit derselben Elastizität entgegenstehen würde, mithin müßten die Kanäle sehr bald mit magnetischer Materie erfüllt seyn, und alle Strömung ein Ende haben. A. d. U.

die in dem Aether zerstreute magnetische Materie mit großer Heftigkeit in dieselbe zu dem einen Ende hineindringen und zu dem andern herausfahren muß. Wir werden also einen beständigen Strom von magnetischer Materie in den Kanälen des Magnets bekommen; und so hoffe ich, die größten Schwierigkeiten in der Theorie des Magnetismus überstiegen zu haben. Den 3. Nov. 1761.

Hundert und zwey und neunzigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, worin das Unterscheidende der Magnete besteht, nehmlich darin, daß ein jeder mit einer Menge solcher Kanäle versehen ist, als ich im letzten Briefe beschrieben habe.

Die 17te Figur stellt einen Magnet, AB, mit drey magnetischen Kanälen, ab, vor, durch welche die magnetische Materie mit der größten Schnelligkeit, von a nach b, hindurchfließt. Sie würde nach ihrem Austritt aus b mit derselben Schnelligkeit fortgehen, wenn sie nicht sogleich auf den in der Luft vorhandenen Aether stieße, der ihrer fernern Bewegung ein großes Hinderniß entgegensetzt. Es wird aber dadurch nicht nur die Schnelligkeit ihrer

Bewegung vermindert, sondern auch die Richtung derselben verändert, und anstatt gerade fortzugehen, wird sie sich nach den Seiten, c, c, wenden. Dasselbe wird bey dem Eingange, in aaa, geschehen: durch die Geschwindigkeit, mit der die Theilchen der magnetischen Materie in die Kanäle hineindringen, werden die noch etwas entferntern Theilchen in ee herbey gezogen; an die Stellen von diesen treten die, welche eben aus den Enden bbb herausgekommen sind, und sich nach cc gedreht haben. Auf diese Art wird die Materie, so wie sie aus bbb hervortritt, sogleich wieder nach aaa zurückgetrieben; und es entsteht um den Magnet ein Kreis von magnetischer Materie bcdea, der eben das ist, was wir den **magnetischen Wirbel** nennen*).

*) Es ist schon in der vorigen Anmerkung gesagt worden, daß dieselbe Elastizität des Aethers, welche die magnetische Materie von der einen Seite in die Kanäle treiben soll, ihre Bewegung auf der andern Seite wieder hemmen müsse. Wenn wir aber auch zugeben, daß die Materie zu den Enden bb herausströmt, so wird sie, wegen des Widerstandes, den ihr der Aether leistet, zwar nach einer schiefen Richtung fortgehen, und sich zur Seite im Aether verlieren; aber sich nach aa zurückzuschwenken, um einen Wirbel um den Magnet zu bilden, wäre allen bekannten Gesetzen der Bewegung entgegen; denn es steht ihr ja hier der Aether eben so gut im Wege, als

Indessen muß man sich nicht einbilden, daß es immer dieselbe Materie sey, welche diese Wirbel bildet; ohne Zweifel geht bey dem Umwenden in B ein guter Theil davon verloren, dafür aber kommt auch durch die Enden a a a wieder neue hinzu; so daß die Materie zwar wieder ersetzt wird, aber doch nicht unverändert dieselbe bleibt. Es wird sich also immer ein magnetischer Wirbel erhalten, der den Magnet umgiebt, auch alle die Erscheinungen hervorbringt, die wir oben an dem Feilstaub, den man rund um den Magnet streut, beobachtet haben. Ew. H. geruhen auf den Umstand zu merken, daß die Bewegung der magnetischen Materie in dem Wirbel, ausserhalb dem Magnet, ohne Vergleich langsamer ist, als in den magnetischen Kanälen, in welche sie durch die ganze elastische Kraft des Aethers hineingetrieben wird. So bald sie aus diesem heraustritt, vermischt sie sich von neuem mit dem Aether, und dadurch wird ihre Geschwindigkeit um vieles vermindert, ob sie gleich überhaupt noch immer sehr groß bleibt. Jetzt werden Ew. H. auch einsehen, daß die Pole eines Magnets nichts anders sind, als die Enden der Kanäle, durch welche die magnetische Materie ein- und ausgeht: man darf sie sich also

vorn beym Ausgange. Also ist der Wirbel, der uns die magnetischen Erscheinungen erklären soll, selbst das Allerunerklärbarste. A. d. U.

nicht als mathematische Punkte vorstellen, sondern das ganze Fleck, wo die Enden der magnetischen Nädle liegen, macht den Pol des Magnets aus; so sind z. B. in unserer Figur die Seiten A und B die beyden Pole.

Durch welchen von beyden Polen aber die magnetische Materie in den Magnet eindringt, ob durch den nördlichen oder durch den südlichen, das läßt sich nicht sagen. Ew. H. werden in der Folge sehen, daß die Erscheinungen, die durch das Einströmen, und die, welche durch das Ausströmen der magnetischen Materie hervorgebracht werden, einander so sehr ähnlich sind, daß es unmöglich zu seyn scheint, diese Frage durch Versuche zu entscheiden. Es wird also gleichgültig seyn, ob wir annehmen, die magnetische Materie gehe durch den nördlichen Pol hinein, und durch den südlichen hinaus, oder umgekehrt, durch den südlichen hinein und durch den nördlichen hinaus.

Ich halte es daher für das Beste, wenn ich in der Folge den Pol, durch den die magnetische Materie hineingeht, immer mit dem Buchstaben A, und den, durch welchen sie herausgeht, mit dem Buchstaben B bezeichne, ohne mich darum zu bekümmern, welches der nördliche, oder welches der südliche sey. Jetzt wollen wir wieder zu den Wirbeln zurückkehren, um zu sehen, wie zwey Magnete auf einander wirken.

Wir wollen annehmen, die beyden Magnete, AB, und ab, (Fig. 18.) wären mit den gleichnamigen Polen A und a, gegen einander gekehrt, so werden ihre Wirbel einander gerade entgegen seyn. Die magnetische Materie, die sich in C befindet, wird zum Theil durch A, und zum Theil durch a eindringen, und diese beyden Wirbel werden einander zu zerstören trachten. Die Materie, die von E herkommt, um in A wieder einzudringen, wird in D auf die Materie des andern Magnets treffen, die von e herkommt, um in a einzudringen; daher wird zwischen beyden Wirbeln ein Stoß entstehen, und einer den andern zurücktreiben*). Diese Wirkung fällt auf die Ma-

*) Es ist eine gewaltige Voraussetzung, daß durch das Zusammentreffen zweyer Kreise von einer so feinen Materie, wie die magnetische seyn soll, ein Stoß entstehe, wodurch die Magnete selbst von einander getrieben werden. Die Materie hängt ja nicht unmittelbar mit dem Magnet selbst zusammen, sondern ist in dem Aether enthalten; wenn also auch einzelne Elemente derselben auf einander treffen, so mag sich wohl ihre eigene Bewegung ändern; wie das aber auf den Magnet, mit dem sie in keiner Gemeinschaft stehen, wirken soll, ist nicht so leicht zu sehen. Noch auffallender wird dieß, wenn man die Magnete unter einem rechten Winkel einander nähert, wo sie sich eben so gut zurückstoßen. Und sind wenigstens die Wirbel einander nicht eben so sehr entgegen, wenn man die Magnete mit den freund-

gnete selbst zurück, die einander in dieser Lage zurückstoßen. Dasselbe würde geschehen, wenn man die beyden Magnete mit den andern Polen B und b gegen einander brächte. Darum nennt man die gleichnamigen Pole feindschaftliche Pole, weil sie einander zurückstoßen.

Wenn man aber die ungleichnamigen Pole einander nähert, so wird eine ganz entgegengesetzte Wirkung erfolgen; nehmlich, sie werden einander anziehen.

In der 19ten Figur, wo die Magnete mit den Polen B und a gegen einander gekehrt sind, wird die magnetische Materie, die aus dem Pol B herauskommt, sich nicht erst nach den Seiten wenden, um nach A zurückzukehren, sondern gerade in den andern Magnet überströmen, weil ihr hier der Eingang in a offen steht, und durch b heraus fließen; von da wird sie sich nach den Seiten dd wenden, nicht aber um nach a, sondern um nach dem Pol des andern Magnets A zurückzukehren und ihren Weg durch e und f zu nehmen. Auf diese Weise werden sich die Wirbel der beyden Magnete in einen einzigen vereinigen, als ob es nur ein Magnet wäre; und da dieser Wirbel von allen Seiten durch den Aether zu-

schaftlichen Polen rechtwinkelicht gegen einander hält? Und doch soll alsdann kein Stoß geschehen!

A. d. U.

sammengedrückt wird, so wird er die beyden Magnete gegen einander treiben, so daß es aussieht, als ob sie sich anziehen*).

Das ist also der Grund, warum die ungleichnamigen Pole freundschaftliche, und die gleichnamigen feindschaftliche Pole genannt werden; und das ist die vornehmste Erscheinung der Magnete, daß die ungleichnamigen Pole einander anziehen, und die gleichnamigen einander zurückstoßen. Den 7. Nov. 1761.

*) Es ist schwer zu sagen, ob dieses Anziehen oder jenes Zurückstoßen begreiflicher sey Der Aether könnte doch nur alsdann den Wirbel zusammendrükken, wenn dieser ätherdicht, und innerhalb desselben ein verdünnter, oder gar kein Aether enthalten wäre.

A. d. U.

Hundert und drey und neunzigster Brief.

Da ich gezeigt habe, daß das Wesen des Magnets in den Kanälen besteht, welche die magnetische Materie nur nach einer Seite durchströmen kann, weil die Klappen, womit sie versehen sind, den Zurückfluß verhindern: so merke ich nur noch an, daß man diese Kanäle für nichts anders, als eine zusammenhängende Reihe von Poren ansehen darf, welche inwendig mit feinen Fäserchen, die alle nach derselben Richtung gehen, bekleidet sind. Es ist also nicht genug, daß die Materie des Magnets eine Menge von Theilchen mit solchen Poren enthalte, sondern diese müssen auch so geordnet seyn, daß daraus Kanäle entstehen, die von einem Ende zum andern laufen, damit die magnetische Materie durchstreichen könne.

Nun ist es sehr wahrscheinlich, daß das Eisen und der Stahl ebenfalls solche Theilchen in großem Ueberfluß enthalten, daß sie aber nur hier nicht so geordnet sind, wie ich eben gesagt habe, sondern vielmehr durch die ganze Masse zerstreut liegen, so daß ihnen nichts mehr als diese Ordnung oder Lage fehlt, um magnetische Kanäle zu bilden, und diese Körper zu wahren Magneten zu machen. Hat man ihnen diese Lage gegeben, so behalten die Kör-

per ihre übrigen Eigenschaften bey, und unterscheiden sich von andern Stücken Eisen und Stahl durch nichts, als daß sie noch überdieß die Eigenschaften der Magnete besitzen. Eine Nadel, ein Messer leisten dieselben Dienste, sie mögen magnetisch seyn oder nicht. Die Veränderung, die dadurch in ihrem Innern vorgeht, daß die Theilchen in die Ordnung gebracht werden, welche der Magnetismus erfordert, läßt sich äußerlich nicht bemerken. Man nennt ein solches Stück Eisen oder Stahl, dem die magnetische Kraft ertheilt worden ist, einen künstlichen Magnet, zum Unterschied von dem natürlichen, der einem Stein ähnlich sieht, obgleich die magnetischen Eigenschaften in beyden einerley sind.

Ew. H. werden ohne Zweifel zu wissen verlangen, auf welche Weise man dem Stahl und Eisen die magnetische Kraft ertheilen, oder sie zu künstlichen Magneten machen kann? Die Sache ist sehr leicht; schon die bloße Nachbarschaft eines Magnets ist hinreichend, das Eisen etwas magnetisch zu machen; der magnetische Wirbel bringt diese Wirkung hervor, ohne daß das Eisen den Magnet berührt.

So fest auch das Eisen zu seyn scheint, so sind doch die Theilchen, welche die oben beschriebenen magnetischen Poren enthalten, in seiner Substanz sehr beweglich, und die geringste Kraft ist hinreichend,

ihre Lage zu ändern. Die Materie des magnetischen Wirbels wird daher, wenn sie in das Eisen eindringt, die ersten magnetischen Poren, die sie antrifft, sehr leicht in die Richtung bringen, die sie selbst hat; wenigstens diejenigen Poren, deren Lage nicht zu sehr von dieser Richtung abweicht; und ist sie durch diese hindurch gekommen, so wird sie eben so auf die nächstfolgenden Poren wirken, und das so fort, bis sie sich einen Weg durch das Eisen gebahnt, und einige magnetische Kanäle gebildet hat. Die Figur des Eisens kann viel dazu beytragen, diese Veränderung zu erleichtern; am besten ist es, wenn es eine länglichte Figur hat, und nach der Richtung des Wirbels gelegt wird, weil die magnetische Materie es alsdann der Länge nach durchstreichen, und mithin recht viele Theilchen in die zur Bildung der magnetischen Kanäle erforderliche Lage bringen kann; und es ist kein Zweifel, daß, je mehr Kanäle, und je länger sie sind, die Bewegung der magnetischen Materie desto stärker, und folglich die ganze Kraft des Magnets desto größer seyn werde.

Man hat auch bemerkt, daß, wenn man das Eisen, das in dem magnetischen Wirbel liegt, durch Schlagen oder Reiben in eine starke Erschütterung setzt, es einen höhern Grad von magnetischer Kraft erlangt, weil die kleinsten Theilchen dadurch erschüttert und losgemacht werden, so daß

die magnetische Materie um desto leichter auf sie wirken, und sie in die gehörige Lage bringen kann.

Legt man z. B. einen kleinen eisernen Stab ab (Fig. 20) in den Wirbel des Magnets AB, so daß seine Richtung ungefähr mit der Richtung des Stromes der magnetischen Materie def übereinkommt, so wird diese ihn leicht durchströmen, und magnetische Kanäle darin bilden, besonders wenn man ihn zugleich erschüttert, um den Durchgang zu erleichtern*). Man sieht auch, daß die magnetische Materie, die bey dem Magnet durch den Pol A hinein-, und durch den Pol B herausgeht, in den Stab zu dem Ende a hinein-, und zu dem Ende b herausströmen, und folglich das Ende a der gleichnamige Pol von A, und das Ende b der gleichnamige von B werden wird. Nimmt man darauf den Stab ab aus dem magnetischen Wirbel heraus, so wird es ein künstlicher, wenn gleich nur sehr schwacher Magnet seyn, der seinen eignen Wirbel haben, und seine magnetische Kraft so lange behalten wird, als die magnetischen Kanäle in ihm nicht zerstört werden. Dieß wird desto eher geschehen, je leichter sich

*) Dieß ist nicht die vortheilhafteste Lage, um den kleinen Stab zu magnetisiren, wenn es gleich nach der Wirbel-Theorie so zu seyn scheint. Besser ists, man legt ihn mit dem einen Ende an einen von beyden Polen. A. d. U

sich die Theilchen mit den Poren in dem Eisen bewegen lassen; und so wird eben derselbe Umstand, der zur Hervorbringung des Magnetismus dient, auch wieder die Ursach seiner Zerstörung. Ein natürlicher Magnet verliert seine Kraft nicht so leicht, weil seine Poren viel fester sind, und also größere Erschütterungen aushalten können, ohne in Unordnung zu gerathen. Mehr davon werde ich in der Folge reden.

Jetzt ist es meine Absicht, die natürlichste Methode, wie das Eisen magnetisch gemacht werden kann, zu erklären; wenn gleich die Kraft, die es dadurch erlangt, nur sehr gering ist, so ist doch die Erscheinung selbst höchst merkwürdig. Man hat nehmlich bemerkt, daß die Feuerzangen und andere eiserne Geräthschaften, die man gewöhnlich in eine vertikale Lage stellt, ingleichen die eisernen Stangen auf Thürmen, mit der Zeit eine merkliche magnetische Kraft bekommen; auch hat man beobachtet, daß eine eiserne Stange, die in einer vertikalen Lage geschlagen, oder im Feuer geglüht und dann in derselben Lage in kaltes Wasser getaucht wird, etwas magnetisch wird, ohne die geringste Beyhülfe eines Magnets.

Um sich diese Erscheinung zu erklären, darf man sich nur erinnern, daß die Erde selbst ein Magnet ist, und folglich mit einem magnetischen Wirbel um-

geben ist, dessen eigentliche Richtung wir überall aus der Abweichung und Neigung der Magnetnadel erkennen. Wenn also eine eiserne Stange lange in dieser Richtung liegt, so dürfen wir uns nicht wundern, daß sie magnetisch wird. Wir haben gesehen, daß die Neigung der Magnetnadel in Berlin 72° ist, und da sie beynahe allenthalben in Europa ungefähr eben so viel beträgt, so ist diese Neigung nur um 18° von der vertikalen Lage unterschieden; folglich weicht die vertikale Lage nicht viel von der Richtung des magnetischen Wirbels ab; und eine eiserne Stange, die lange diese Lage gehabt hat, wird endlich von dem magnetischen Wirbel durchdrungen werden, und so eine magnetische Kraft erlangen.

In andern Gegenden, wo die Neigung unmerklich ist, (welches in der Nähe des Aequators der Fall ist), werden die eisernen Stangen nicht mehr in der vertikalen, sondern vielmehr in der horizontalen Lage magnetisch, wobey ihre Richtung mit der Abweichung übereinstimmen muß. Ich rede hier blos vom Eisen, der Stahl ist dazu zu hart, und man muß wirksamere Mittel anwenden, wenn man ihn magnetisch machen will. Den 10 Nov. 1761.

Hundert und vier und neunzigster Brief.

Obgleich die ganze Erde als ein großer Magnet angesehen werden kann, und ob sie schon mit einem magnetischen Wirbel umgeben ist, der überall den Magnetnadeln ihre Richtung giebt, so ist ihre magnetische Kraft doch sehr schwach, und viel geringer, als die Kraft eines mittelmäßigen Magnets. Dieß wird Ew. H. wegen der ungeheuren Größe der Erde, befremdend scheinen.

Allein der Grund davon liegt ohne Zweifel darin, daß wir von den wahren magnetischen Polen der Erde, welche allem Anschein nach in einer sehr großen Tiefe begraben liegen, sehr weit entfernt sind; und so stark auch ein Magnet seyn mag, so ist seine Kraft doch nur in der Nähe sehr beträchtlich, und wird immer schwächer, je weiter man sich von ihm entfernt, und verschwindet zuletzt gänzlich. Daher ist auch die magnetische Kraft, welche das Eisen dadurch erlangt, daß es eine Zeitlang in dem Wirbel der Erde liegt, nur sehr gering und kaum merklich, es sey denn, daß es sehr weich ist, und eine zur Erregung des Magnetismus vorzüglich bequeme Figur hat.

In der Nachbarschaft eines mittelmäßigen Magnets ist diese Wirkung weit beträchtlicher; kleine

Stücken Eisen erlangen daselbst sehr bald eine sehr merkliche magnetische Kraft; auch werden sie von dem Magnet angezogen; da hingegen in dem Wirbel der Erde diese Wirkung unmerklich ist, und nur darinn besteht, daß die Magnetnadeln gerichtet, aber nicht angezogen oder schwerer gemacht werden.

Ein Stückchen Eisen, das in den Wirbel eines Magnets gehalten wird, zeigt uns auch sehr merkwürdige Erscheinungen, die eine besondere Betrachtung verdienen: es wird nicht nur das Eisen von dem Magnet angezogen, sondern es zieht alsdann selbst wieder andere kleine Stücken Eisen an. Es sey z. B. AB (Fig. 21.) ein natürlicher Magnet; man lege ein Stück Eisen CD nahe an den Pol B; so wird man sehen, daß es im Stande ist, ein andres Stückchen EF zu tragen; bringt man an F noch ein anderes Eisen GH, in einer beliebigen Lage, z. B. in einer horizontalen, und hält es in H, so wird es nicht allein von dem Eisen EF in F angezogen werden, sondern selbst noch in H eine Nadel IK anziehen, die hinwiederum auf den Feilstaub in L wirken, und ihn anziehen wird.

Auf diese Art kann man die magnetische Kraft auf eine ansehnliche Entfernung fortpflanzen, und durch die verschiedenen Stellungen des Eisens selbst ihre Richtung verändern, ob sie gleich je weiter, je schwächer wird. Ew. H. sehen wohl, daß je stärker

der Magnet AB ist, und je näher ihm das erste Stück Eisen CD liegt, auch die Wirkung desto stärker seyn wird. Maupertuis, dieser berühmte Mathematiker, besaß einen so vortrefflichen Magnet, daß das Stück Eisen CD in einer Entfernung von einigen Fußen noch eine beträchtliche Kraft zeigte.

Um diese Erscheinungen zu erklären, muß man erwägen, daß die magnetische Materie, die mit Heftigkeit aus dem Pol B herausströmt, in das Eisen CD eindringt, und die Poren desselben in eine solche Lage bringt, daß daraus magnetische Kanäle entstehen, die sie alsdann ungehindert durchstreicht. Eben so dringt sie ferner in das zweyte Stück Eisen EF, und bildet darin gleichfalls magnetische Kanäle, und so fort. Und da sie hier aus dem einen Körper in den andern übergeht, so müssen die beyden Körper einander anziehen, aus demselben Grunde, aus welchem, wie ich eben gezeigt habe, zwey mit den freundschaftlichen Polen gegen einander gekehrte Magnete einander anziehen. Ueberhaupt so oft wir sehen, daß zwey Eisen einander anziehen, so können wir sicher schließen, daß die magnetische Materie aus dem einen in das andere überströmt. Auf diese Weise also dringt die magnetische Materie, bey der vorbeschriebenen Verbindung der eisernen Stäbe, durch alle hindurch, und das ist der einzige Grund ihrer gegenseitigen Anziehung.

Die nehmlichen Erscheinungen zeigen sich auch, wenn man den andern Pol A, durch den die magnetische Materie in den Magnet eindringt, gegen den eisernen Stab CD kehrt; die Bewegung geht alsdann rückwärts. Denn die in dem Eisen enthaltene magnetische Materie wird aus demselben herausfahren, und sich in den Magnet hineinstürzen, und dabey wird sie eben so viel Kräfte anwenden, die Poren in dem Eisen in die gehörige Ordnung zu bringen, als wenn sie in dasselbe hineindränge*). Das Eisen muß daher ziemlich weich seyn, und Poren haben, die leicht nachgeben, wenn das Bestreben der magnetischen Materie die gehörige Wirkung hervorbringen soll. Eine Schwierigkeit, die Ew. H. hierbey finden werden, ist unstreitig die; warum die magnetische Materie, bey dem Uebergang in einen andern eisernen Stab, ihre Richtung ändert, und den Stab der Länge nach durchstreicht, wie es in der Figur vorgestellt ist? Dieß ist ein

*) Man begreift nicht recht, warum die magnetische Materie aus dem Eisen hervorkommen soll, da der Pol A aus den ihm umgebenden Aether und durch die von B zurückkehrende Materie hinreichend versorgt wird; zumal da die Materie in dem Eisen noch besonders einige Kraft anwenden muß, um die Poren desselben in die gehörige Lage zu bringen.

A. d. U.

sehr wichtiger Punkt in der Theorie des Magnetismus, der uns zeigt, wie viel bey der Hervorbringung der magnetischen Erscheinungen auf die Figur des Eisens ankommt.

Diesen Umstand zu erklären, muß man sich erinnern, daß diese feine Materie sich in den magnetischen Poren, wo sie von dem Aether abgesondert ist, mit großer Leichtigkeit bewegt, und daß ihr beträchtliche Hindernisse entgegenstehen, wenn sie aus den Poren herausfährt, um wieder in den Aether und in die Luft einzudringen.

Wir wollen annehmen, daß die magnetische Materie, wenn sie aus dem Eisen CD (Fig. 22.) herauskommt, in den senkrechten Stab EF übergehe. Hier würde sie allerdings ihre Richtung beybehalten und in m wieder herausströmen, wenn sie nicht einen leichten Weg zur Fortsetzung ihrer Bewegung fände. Die Hindernisse, die sich ihrem Fortgang in m entgegenstellen, machen, daß sie sich etwas weniges nach F zu wendet, und da sie hier Poren antrifft, die ihrer Bewegung sehr günstig sind, so weicht sie immer mehr und mehr von ihrer ersten Richtung ab, und durchströmt nun den Stab EF nach seiner ganzen Länge. Wäre der Stab sehr kurz, so würde sie ohne Zweifel in m herausgehen; nun aber folgt sie in ihrer Bewegung der Richtung EF, so weit als es die Länge des Stabes ihr gestattet,

bis sie genöthigt ist, in F herauszuströmen, weil alle magnetischen Kanäle nach derselben Richtung gehen, und ihr nicht erlauben, noch einmal ihre Richtung zu ändern, und durch den Stab der Länge nach wieder zurückzufließen; denn sie sind nicht nur mit der nachfolgenden magnetischen Materie erfüllt, sondern können auch ihrer Natur nach nicht nach der entgegengesetzten Richtung durchströmt werden.
Den 14. Nov. 1761.

Hundert und fünf und neunzigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, wie das Eisen den magnetischen Strom von einem Magnet aufnehmen, ihn auf eine ansehnliche Strecke fortführen und selbst die Richtung desselben verändern kann. Einen Magnet mit Eisen in Verbindung bringen, ist daher fast eben so viel, als ihn vergrößern, weil das Eisen in Rücksicht der magnetischen Materie die Natur des Magnets annimmt. Und da man durch dieses Mittel auch die Richtung des magnetischen Stroms ändern kann, so kann man die Pole, das heißt, die Stellen, wo die Materie aus- und einströmt, hin verlegen, wohin man will.

Auf diesen Gründen beruht die Bewaffnung der Magnete, die wohl verdient, daß ich sie Ew. H. erkläre, weil die Kraft der Magnete beträchtlich dadurch verstärkt wird.

Man gibt den Magnetsteinen, wenn man sie aus den Eisen-Bergwerken erhält, gemeiniglich die Form eines geraden Parallelepipedums oder eines sechsseitigen Körpers; (die 23. Figur stellt eine Seite desselben AABB vor) die Seite AA ist der Pol, wo die magnetische Materie eindringt, und BB die, wo sie ausströmt. Er ist also der Länge nach mit Kanälen ab erfüllt, welche die magnetische Materie, von der elastischen Kraft des Aethers fortgetrieben, mit der größten Schnelligkeit durchstreicht. Nun wollen wir sehen, auf welche Art man einen solchen Magnet zu bewaffnen pflegt.

Man befestigt auf den beyden Seiten AA und BB, in welchen die Pole des Magnets liegen, ein paar eiserne Platten, aa und bb, (Fig. 24) die unten etwas starke Füsse Aa, Bb haben, und diese Zurüstung wird die Bewaffnung genannt, so wie der Magnet selbst alsdann bewaffnet heißt *). Nunmehr geht die magnetische Materie, die sonst durch die Seite BB herausströmte, in die eiserne Platte bb über, wo die Hindernisse, die ihr bey ihrem Fort-

*) Die eisernen Platten auf beyden Seiten nennt man auch die Flügel des Magnets. A. d. U.

gang in die Luft entgegen stehen, sie nöthigen, ihre Richtung zu ändern, und längs der Platte nach dem Fuß Bb hinzufließen; und da sie hier kein Eisen mehr findet, worin sie ihren Lauf fortsetzen könnte, so ist sie gezwungen, in die Luft überzugehen. Eben so ist es auf der andern Seite: die feine Materie wird hier durch den Fuß Aa hereindringen, und in die Platte aa kommen, alsdann ändert sie ihre Richtung um in den Magnet überzugehen und die magnetischen Kanäle zu durchstreichen. Denn zuerst geht die in der Platte enthaltene Materie in den Magnet über; an die Stelle von dieser tritt dann die, welche sich in dem Fuß Aa befindet; und diese wird wieder durch die Materie von außen ersetzt, welche durch die Elastizität des Aethers fortgetrieben, den Fuß Aa und die Platte mit einer solchen Heftigkeit durchdringt, daß dadurch die Poren in die gehörige Lage gebracht, und die magnetischen Kanäle gebildet werden.

Man sieht daraus, daß die Bewegung auf beyden Seiten nur darin unterschieden ist, daß die magnetische Materie durch den Fuß Aa hinein-, und durch den Fuß Bb herausgeht. Die Pole des bewaffneten Magnets liegen also in den Füßen; und da sie vorher durch die ganze Länge der Seiten AA und BB verbreitet waren: jetzt aber in den Grundflächen der Füße vereinigt sind: so ist es sehr na-

türlich, daß die magnetische Kraft in diesen neuen Polen beträchtlich verstärkt seyn muß.

Auch wird sich der Wirbel in diesem Zustande leichter bilden: die Materie, die aus dem Fuß Bb herausgeht, wird ohne Schwierigkeit nach dem Fuß Aa hinströmen, indem sie ihren Weg durch C nimmt; und der übrige Theil des Magnets wird mit keinem Wirbel weiter umgeben seyn; es müßte denn etwas weniges von magnetischer Materie, die ihre Richtung nicht geschwind genug ändern konnte, durch die Platte bb entwischen, und durch die Platte aa wieder eindringen, woraus dann ein schwacher Wirbel entstehen würde. Inzwischen, wenn die Bewaffnung gut ist, so wird dieser zweyte Wirbel fast unmerklich, und folglich der Hauptstrom zwischen den Füßen desto stärker werden.

Die Hauptregel für die Bewaffnung der Magnete ist die, sowohl die beyden Seiten AA und BB des Magnets, als auch die eisernen Platten, recht glatt zu machen, damit sie einander in so vielen Punkten, als möglich, berühren, und die magnetische Materie desto leichter aus dem Magnet in das Eisen übergehen könne, wenn keine andere Materie sich dazwischen befindet. Denn wäre zwischen dem Magnet und den Platten noch Luft oder Aether befindlich, so würde die magnetische Materie fast ganz in ihrem Laufe gehemmt werden, und nicht mehr Kraft

genug besitzen, sich durch das Eisen einen Weg zu bahnen und die magnetischen Kanäle zu bilden.

Das weichste und biegsamste Eisen ist zu diesen Bewaffnungen das beste, weil seine Poren der Wirkung der magnetischen Materie leicht nachgeben, und sich nach ihrem Strom richten. Auch scheint ein solches Eisen sehr geschickt dazu, die Richtung des magnetischen Stroms zu ändern; denn die magnetische Materie wird ihren Lauf darin so lange als möglich fortsetzen, weil sie sich mit so großer Leichtigkeit darin fortbewegen kann, und nicht eher herausgehen, als bis sie alles durchstrichen hat, sollte sie auch die größten Umwege dabey machen. Das geschieht in dem Magnet selbst nicht, wo die Kanäle schon gebildet sind; noch auch in dem Stahl, dessen Poren den Wirkungen des magnetischen Stroms nicht so leicht nachgeben. Dafür aber dauern auch die Kanäle in dem Stahl länger, wenn sie einmal darin gemacht sind; hingegen in dem weichen Eisen werden sie bald wieder zerstört, und das Eisen verliert seine magnetische Kraft fast ganz, sobald man es von dem Magnet trennet.

Was die übrigen Umstände der Bewaffnung betrifft, so muß die Erfahrung darüber entscheiden: in Ansehung der Platten hat man bemerkt,

daß es eben so nachtheilig ist, wenn sie zu dick, als wenn sie zu dünn sind; gemeiniglich aber sind sehr dünne Platten am besten. Dieß könnte uns befremden, wenn wir nicht wüßten, daß die magnetische Materie noch viel feiner als der Aether ist, und folglich auch die dünnste Platte hinreicht, eine sehr große Menge davon aufzunehmen.*) Den 17. Nov. 1761.

*) Es ist hier aber nicht davon die Rede, was hinreichend, sondern was am besten und tauglichsten ist, und da sollte man freylich, der Theorie nach, glauben, daß eine dickere Platte einer dünnern vorzuziehen sey, weil offenbar in ihr mehr Kanäle möglich sind, als in dieser. Dieß ist ein kleiner Beweis mehr, wie wenig die Wirbel-Theorie hinreicht, die mannigfaltigen Umstände, die wir bey dem Magnet und den magnetischen Erscheinungen wahrnehmen, befriedigend zu erklären.

A. d. U.

Hundert und sechs und neunzigster Brief.

Ein bewaffneter Magnet hat also seine größte Kraft in den Füßen, weil seine Pole darin vereint sind, und ein jeder Fuß ist im Stande, ein desto größeres Gewicht von Eisen zu tragen, je trefflicher der Magnet ist.

So wird z. B. der bewaffnete Magnet AABB (Fig. 25) mit dem Fuß Aa nicht nur den eisernen Stab CD tragen, sondern dieser wird noch einen andern kleineren Stab EF, dieser noch einen kleinern GH, und dieser noch eine Nadel IK halten, die endlich noch etwas Feilstaub anziehen wird. Der Grund davon ist, daß die magnetische Materie durch alle diese Stücke hindurchgeht, um in den Pol A zu kommen; oder wenn es der andere Pol wäre, durch den die Materie herausgeht, so würde sie ebenfalls die Stücke der Reihe nach, nur in umgekehrter Ordnung, durchströmen. So oft aber die magnetische Materie aus einem Stück Eisen in ein anderes übergeht, so ziehen diese beyden Stücke einander an, oder sie werden vielmehr durch den umgebenden Aether gegen einander gestoßen, weil der Strom der Materie zwischen ihnen den Widerstand des Aethers daselbst vermindert.

Wenn man einen von den Polen des Magnets auf die eben beschriebene Weise beschwert, so leidet der Wirbel eine sehr beträchtliche Veränderung in seiner Richtung; denn da, ohne das Gewicht, die magnetische Materie, die aus B herauskommt, ihren Lauf nach dem andern Pol, A, hinlenken würde, dieser aber jetzt eine hinlängliche Menge von Materie aus dem angrenzenden Eisen erlangt, so muß sie einen ganz andern Weg nehmen, und nach dem letzten Stück IK zu kommen suchen. Ein Theil davon wird ohne Zweifel auch nach dem vorletzten Stück GH und nach den übrigen Stücken geleitet werden, weil die untern, da sie kleiner sind, den obern nicht genug Materie zuführen; indessen wird sich der Wirbel immer bis zu dem letzten Stück erstrecken.*) Wenn daher diese Stücke, sowohl in der Länge als in der Dicke, das rechte Verhältniß unter einander haben, so kann der Magnet weit mehr tragen, als wenn man ihm ein einziges Stück anhängt, wobey es noch viel auf die Figur ankommt. Will man aber, daß er das möglichst größte Gewicht tragen soll, so muß man es so machen, daß beyde Pole ihre Kräfte vereinigen.

Zu diesem Ende bringt man an die Füße des bewaffneten Magnets ein Stück weiches Eisen, CD,

*) Das Willkührliche in dieser Behauptung fällt wohl selbst in die Augen. A. d. U.

(Fig. 26.), welches die Grundflächen der Füße vollkommen berührt, und dessen Figur so beschaffen seyn muß, daß die magnetische Materie, die von B ausströmt, einen bequemen Durchgang zu dem andern Ende A findet. Ein solches Stück Eisen wird der Träger oder der Anker genannt; und da die magnetische Materie aus B in den Träger, und aus diesem wieder in den Pol A übergeht, so wird das Eisen von beyden Polen zugleich angezogen, und folglich mit großer Stärke gehalten. Um die Größe der Kraft, die der Magnet ausübt, zu bestimmen, hängt man mitten an den Träger in E, ein Gewicht P, und vermehrt es so lange, bis der Magnet nicht mehr im Stande ist, es zu tragen; alsdann schätzt man die Kraft des Magnets nach der Größe dieses Gewichts. Ew. H. werden nun verstehen, was es heißt, wenn man sagt, ein Magnet trage zehn Pfund, ein anderer dreyßig, und so fort. Man erzählt, daß der Sarg des Mahomeds von einem Magnet getragen würde, welches nichts unmögliches wäre, da man schon künstliche Magnete verfertigt, die über hundert Pfund tragen *).

Ein

*) Sonst wird auch die Fabel von dem Sarg des Mahomeds so erzählt, als ob er zwischen zwey Magneten schwebend in der Luft gehalten würde. Hr. Hube gedenkt in seinen Briefen über die Naturlehre eines künstlichen Magnets, den Herr le

Noble

Ein Magnet mit einem Träger verliert nichts von seiner magnetischen Materie; denn diese beschreibt alsdann ihren Wirbel ganz innerhalb dem Magnet und dem Eisen, und es kann nichts davon in die Luft entweichen. Da nun ein Magnet seine Kraft nur in so weit äussert, als die magnetische Materie aus ihm in einen andern Körper übergeht, so sollte ein solcher Magnet, dessen Wirbel eingeschlossen ist, nirgends eine magnetische Kraft ausüben; und gleichwohl, wenn man ihn an der Belegung in a mit der Spitze einer Nadel berührt, so spürt man eine starke Anziehung. Die Sache verhält sich nehmlich folgender Gestalt: in der Belegung ist die magnetische Materie genöthigt, ihre Richtung zu ändern, hält man aber die Nadel daran, so findet sie es bequemer, in diese überzugehen, und daher wird sie angezogen. Allein eben dadurch wird auch der Wirbel gestört werden, und es wird nun nicht mehr so viel Materie nach den Füßen zu fließen; und berührt man die Belegung mit mehrern Nadeln, oder hält einen eisernen Stab daran, so wird man den Strom ganz und gar von den Füßen ableiten, und die Kraft, welche den Träger hält, wird verschwinden, so daß

Noble der vormaligen Akademie zu Paris vorgezeigt, und welcher 9 Pfund und 2 Unzen gewogen, und 505 Pfund gehoben hätte — eine Sache, die fast unglaublich ist. A. d. U.

man ihn ohne die geringste Anstrengung abnehmen kann. Man sieht daraus, daß die Füße ihre Wirksamkeit verlieren, wenn der Magnet seine Kraft noch an andern Stellen verwendet, und man ist dadurch im Stande, eine Menge auffallender Erscheinungen zu erklären, welche ohne die Theorie ganz unauflöslich seyn würden.

Hier ist der Ort, eine bekannte Erfahrung zu erklären, nach welcher man das Gewicht, welches ein Magnet, den man eben bewaffnet und mit einem Träger versehen hat, zu tragen im Stande ist, von Tage zu Tage vergrößern kann, bis es endlich mehr als noch einmal so groß wird, als es im Anfange war. Es kommt also darauf an, zu zeigen, wie die magnetische Kraft mit der Zeit in den Füßen der Bewaffnung wachsen kann. Der eben vorhin erwähnte Fall von der Störung des Wirbels lehrt uns, daß der Strom der magnetischen Materie in dem Augenblick, wo der Träger angebracht wird, noch ziemlich unregelmäßig ist, daß ein guter Theil davon noch durch die Platte bb herausfährt, und daß sie sich erst mit der Zeit magnetische Kanäle durch das Eisen bahnen muß. Auch ist es sehr wahrscheinlich, daß, wenn der Strom erst freyer geworden ist, sich in dem Magnet selbst neue Kanäle bilden werden, da er, außer den festen Kanälen, noch bewegliche Poren, wie das Eisen ent-

hält. Sobald man aber den Träger wegnimmt, so geräth der Strom in Unordnung, die neuen Kanäle werden großentheils zerstört, die Kraft wird plötzlich wieder so klein, als am Anfang, und man muß eine Zeitlang warten, bis die Kanäle mit ihrem Wirbel wieder in ihren vorigen Zustand gebracht worden sind. Ich hatte einmal einen künstlichen Magnet verfertigt, der anfangs nur zehn Pfund trug, und einige Zeit nachher war ich erstaunt zu sehen, daß er über dreyßig halten konnte. Man bemerkt es besonders bey den künstlichen Magneten, daß die Zeit allein sie sehr beträchtlich verstärkt, daß aber auch diese Vergrößerung der Kraft nur so lange dauert, als man den Träger nicht abreißt. Den 21. Nov. 1761.

Hundert und sieben und neunzigster Brief.

Nachdem ich Ew. H. die Natur der Magnete im allgemeinen erklärt habe, bleibt mir noch ein wichtiger Punkt übrig, nehmlich wie man dem Eisen, und vorzüglich dem Stahl, die magnetische Kraft mittheilt.

Ew. H. haben gesehen, daß, wenn man Eisen in den Wirbel eines Magnets bringt, es eine ma-

gnetische Kraft dadurch erlangt, die aber fast ganz wieder verschwindet, sobald man es davon entfernt, und daß schon der bloße Wirbel der Erde fähig ist, ihm mit der Zeit eine geringe magnetische Kraft zu ertheilen; der Stahl aber ist, wegen seiner größern Festigkeit, gegen die Wirkung des magnetischen Wirbels fast ganz unempfindlich; es werden stärkere Mittel erfordert, ihn magnetisch zu machen; dafür aber behält er auch seine magnetische Kraft desto länger.

Bey dem Stahl muß man zu einer unmittelbaren Berührung, und selbst zum Reiben seine Zuflucht nehmen. Ich werde also zuerst erklären, welche Methode man sonst gebraucht hat, um die Nadeln zu den Compassen magnetisch zu machen; das ganze Verfahren bestand darin, daß sie mit dem Pol eines guten bewaffneten oder unbewaffneten Magnets gestrichen wurden.

Man legte die Nadel a b c (Fig. 27.) auf einen Tisch, und fuhr mit dem Pol eines Magnets, B, auf der Nadel von b nach a; war man bis ans Ende, a, gekommen, so hob man den Magnet gerade ab, und fing wieder von b an zu streichen, und dieß wiederholte man mehreremal nach einander, wobey man sich nur in Acht nehmen mußte, die Pole des Magnets nicht zu verwechseln, weil man sonst alles verdorben hätte. Hatte man die Nadel einigemal auf diese Art mit dem Pol B von b nach a ge-

ſtrichen, ſo war ſie magnetiſch, und das Ende b war der gleichnamige Pol von B. Wenn alſo das Ende b der Nordpol werden ſollte, ſo durfte man nur den gleichnamigen Pol des Magnets nehmen, mit dem man die Operation machen wollte, und damit von b nach a ſtreichen; oder wenn man den Südpol nahm, ſo mußte man von a nach b ſtreichen.

Dieſe Art zu reiben oder zu ſtreichen, nennt man den einfachen Strich, weil man nur einen einzigen Pol dazu braucht. Es iſt aber noch ein ſehr mangelhaftes Verfahren, wodurch die Nadel nur wenig Kraft erlangt, wenn der Magnet auch noch ſo vortreflich iſt; ja man erreicht dadurch ſeine Abſicht gar nicht, wenn man dem Stahl den höchſten Grad der Feſtigkeit gibt, welches doch zur Erhaltung der magnetiſchen Kraft ſehr vortheilhaft iſt. Ew. H. werden leicht den Grund davon einſehen.

Wir wollen annehmen, B ſey der Pol, durch den die magnetiſche Materie ausſtrömt, (denn die Wirkungen beyder Pole ſind einander ſo ähnlich, daß es unmöglich iſt, den geringſten Unterſchied darin wahrzunehmen); ſetzt man ihn alſo auf das Ende b der Nadel, ſo dringt die magnetiſche Materie mit aller Schnelligkeit, womit ſie ſich in dem Magnet bewegt, in dieſelbe hinein; und was wird alsdann

geschehen? Da sie nicht zu dem Ende b heraus kann, so wird sie sich einen Weg durch die Nadel nach a hin zu bahnen suchen, worin sie durch den Pol B, der nach eben dieser Seite hingeht, unterstützt wird; so bald aber der Pol B nach a kommt, so setzen sich hier ihrem Herausströmen neue Schwierigkeiten entgegen, und sie wird daher wieder nach der entgegengesetzten Seite, nehmlich von a nach b, zu gehen trachten; dieß kann aber nicht eher geschehen, als bis die erste Wirkung gänzlich aufgehoben ist. Bringt man darauf den Pol B von neuem auf das Ende b, so zerstört man diese letzte Wirkung wieder, ohne jedoch einen entgegengesetzten Strom von b nach a hervorzubringen, und folglich wenn der Pol B über c hinaus gegen a kommt, so wird er nun leichter einen Strom von a nach b bewirken, besonders wenn man auf die Hälfte ca stärker drückt. Hieraus ist klar, daß die Nadel nur wenig magnetische Kraft erlangen kann.

Manche bestreichen auch nur die Hälfte ca, indem sie von c nach a hinfahren, und andere streichen nur das Ende der Nadel a mit dem Pol des Magnets B, und zwar beynahe mit gleichem Erfolg. Allein es ist offenbar, daß die magnetische Materie, die blos durch das Ende a eindringt, nicht stark genug auf die Poren der Nadel wirken kann, um sie in die gehörige Lage zu bringen, und daß folglich die Nadel

auf diese Weise eine sehr geringe, oder wohl gar keine Kraft erlangen wird, wenn der Stahl recht gehärtet ist.

Ich glaube also, daß man die Fehler des einfachen Strichs durch folgendes Verfahren verbessern könnte; das ich zwar noch nicht selbst versucht habe, an dessen Erfolg ich aber, nach andern Erfahrungen zu schließen, nicht zweifele.

Ich würde das Ende b der Nadel in ein Stück weiches Eisen EF (Fig. 28.) einfassen; und ich glaube, daß es gut wäre; dieses Eisen so dünn und so schmal als möglich zu machen; aber das Ende muß vollkommen wohl und in einer genau passenden Vertiefung liegen. Setzt man nun den Pol B des Magnets auf das Ende der Nadel b, so findet die hineindringende magnetische Materie keine Schwierigkeit, in das Eisen über zu gehen, und nimmt also ihren Weg nach der Richtung bd; und so wie man den Pol weiter gegen a rückt, so hat die magnetische Materie, um diesen Weg fortzusetzen, weiter nichts zu thun, als die Poren, auf die sie unmittelbar wirkt, in Ordnung zu bringen; und wenn man endlich nach a kommt, so haben schon alle, oder doch die meisten Poren die gehörige Lage. Fängt man darauf wieder von vorne an zu streichen, so zerstört man nichts, sondern man macht den magnetischen Strom nach bd vielmehr immer vollkommener, in-

dem auch diejenigen Poren, die das erstemal noch widerstanden haben, in die gehörige Richtung gebracht, und so die magnetischen Kanäle in der Nadel immer mehr ausgebildet werden. Es wird hinreichend seyn, wenn man dieß Verfahren ein paarmal wiederholt, wofern der Magnet nicht gar zu schwach ist; und ich zweifle nicht, daß selbst der härteste Stahl dadurch eine magnetische Kraft bekommen würde: dieß wäre ein großer Vortheil für die Verfertigung der Kompasse, weil man bemerkt hat, daß die gewöhnlichen Nadeln oft durch einen geringen Zufall, alle ihre magnetische Kraft verlieren; wodurch die Schiffe in nicht geringe Gefahr gerathen könnten, wenn sie nicht noch mehrere in Vorrath hätten. Macht man aber die Nadeln von einem wohl gehärteten Stahl, so hat man solche Zufälle nicht zu fürchten, denn so wie man mehr Stärke anwenden muß, sie magnetisch zu machen, so behalten sie auch diese Eigenschaft mit größerer Hartnäkkigkeit. Den 24 Nov. 1761.

N. S. Bey dem einfachen Strich ist noch einiges zu bemerken, was ich hier nachholen will. Wenn B (Fig. 27.) den Nordpol eines Magnets bedeutet, und man setzt ihn auf das Ende b der Nadel auf, so wird dieses anfangs ein Südpol und das Ende a ein Nordpol; hat man aber von b bis a ge-

strichen, so ist b der Nordpol, und a der Südpol geworden. Während des Streichens wird also die Spitze b aus einem Südpol in einen Nordpol verwandelt; und folglich giebt es einen Augenblick, wo sie weder südliche noch nördliche Polarität hat. Derjenige Punkt der Nadel, in welchem sich der Magnet befindet, wenn b keine Polarität hat, heißt der Indifferenz-Punkt, oder der Punkt der Gleichgültigkeit. Einen ähnlichen Punkt giebt es auch für das Ende a, wenn dieses nehmlich aus einem Nordpol in einen Südpol übergeht. — Noch hat man bemerkt, daß, wenn man von b nach a streicht, man auf einen Punkt kommt, wo die nördliche Polarität der Spitze a am stärksten ist; dieser heißt der culminirende Punkt. Fährt man mit dem Magnet über diesen Punkt hinaus, näher nach a zu, so nimmt die nördliche Polarität in diesem Ende ab, in dem Indifferenz-Punkt wird sie Null, und geht darauf in die entgegengesetzte über.

A. d. U.

Hundert und acht und neunzigster Brief.

Anstatt der zuletzt beschriebenen Methode, Eisen oder Stahl, durch das Streichen mit einem einzigen Pol, oder durch den einfachen Strich magnetisch zu machen, bedient man sich heutigstags des doppelten Strichs, wo man mit beyden Polen zugleich streicht; welches mit einem bewaffneten Magnet sehr leicht angeht.

Es sey EF (Fig. 29) ein eiserner oder stählerner Stab, den man magnetisch machen will; man befestige ihn gehörig auf einem Tisch, und setze dann beyde Füsse des Magnets, A und B, darauf.*). In diesem Zustande sehen Ew. H. wohl, wird die magnetische Materie, die aus B ausströmt, in den eisernen Stab eindringen, und würde sich darin nach allen Seiten ausbreiten, wenn der Fuß A nicht seinerseits die in den Poren des Stabes enthaltene magnetische Materie an sich zöge. Durch diese Abnahme in d wird die aus B herausströmende Materie bestimmt werden, ihren Lauf von c nach d zu nehmen, wofern die beyden Pole A und B nicht zu weit von einander entfernt sind. Dann wird sich der magne-

*) Es muß aber bey dieser Methode der Magnet in der Mitte des Stabes aufgesetzt, und ebendaselbst auch wieder abgezogen werden. A. d. U.

tische Strom in dem Eisen einen Weg von dem Pol B nach dem Pol A bahnen, und die Poren in eine solche Lage bringen, daß sie die magnetischen Kanäle bilden. Man kann sich leicht überzeugen, ob das geschieht; man darf nur sehen, ob der Magnet stark an das Eisen angezogen wird, welches nie ausbleibt, wenn der Stab von weichem Eisen ist, weil dieses von der magnetischen Materie leicht durchdrungen wird. Ist er aber von Stahl, so wird die Anziehung oft sehr gering seyn, zum Beweis, daß die magnetische Materie nicht im Stande ist, sich einen Durchgang von c nach d zu eröffnen; der Magnet muß also entweder zu schwach, oder der Abstand seiner Pole von einander zu groß seyn. In diesem Fall wird man daher entweder einen stärkern Magnet, oder einen mit dichtern Füßen nehmen, oder endlich die Bewaffnung ungefähr auf die Art abändern müssen, wie es die 30. Figur zeigt.

Allein ich werde Ew. H. noch andere Mittel zeigen, diesen Mängeln abzuhelfen.

Wenn nun die Poren in den kleinen Zwischenräumen cd in eine solche Lage gebracht sind, wie es der Magnetismus erfordert, so muß man mit dem Magnet zu wiederholtenmalen auf dem Stabe von dem einen Ende bis zu dem andern hin und her streichen, ohne ihn eher abzunehmen, als bis man sieht, daß die Anziehung stärker wird; denn es ist gewiß,

daß die Anziehung in dem Maaße wächst, als die magnetische Kraft zunimmt. Durch dieses Verfahren wird man den Stab EF magnetisch machen, und zwar wird das Ende E, dem der Pol A zugekehrt war, der freundschaftliche Pol von A, und folglich der gleichnamige von B werden. Zieht man darauf den Magnet ab, so wird die in der Luft verbreitete magnetische Materie, die Kanäle, die durch das Streichen in dem Stabe entstanden sind, durchströmen, und so einen wahren Magnet aus dem Stabe machen. Sie wird zu dem Ende a eindringen, und zu dem Ende b herausgehen, und von da wenigstens zum Theil wieder nach a zurückkehren, und einen solchen Wirbel bilden, als es die Figur des Stabes erlaubt.

Ich merke bey dieser Gelegenheit an, daß es, zur Verstärkung der magnetischen Kraft, unumgänglich nöthig ist, einen Wirbel zu bilden; denn wenn alle magnetische Materie, die zu dem Ende b herausströmt, davon ginge, und sich gänzlich zerstreuete, ohne nach a zurückzukehren, so würde die Luft dem andern Ende a, nicht genug herbeyführen können, mithin die magnetische Kraft vermindert werden. Allein wenn von der Materie, die durch b herausgeht, ein guter Theil wieder nach a zurückkehrt, so ist die Luft hinlänglich im Stande, das übrige, und vielleicht noch mehr, herbeyzuschaffen, wenn die ma-

gnetischen Kanäle des Stabes es fassen können; der Stab wird folglich alsdann eine viel größere magnetische Kraft erlangen.

Diese Betrachtung führt mich darauf, Ew. H. zu erklären, wie man die magnetische Materie in den magnetischen Stäben erhalten kann. Es darf nur verhindert werden, daß die Materie, die sie durchströmt, sich nicht in die Luft zerstreut; und diese Absicht erreicht man, wenn man immer zwey solcher Stäbe von gleicher Größe zusammenlegt. Man gibt ihnen eine parallele Lage, und sieht darauf, daß die freundschaftlichen oder ungleichnamigen Pole nach derselben Seite liegen, wie in der 31sten Figur.

MM und NN stellen die beyden Stäbe vor, deren freundschaftliche Pole ab, ba nach derselben Seite liegen. Um sich nicht zu irren, macht man gleich anfangs an dem Ende eines jeden Stabes, wo der Nordpol ist, ein Kennzeichen, z. B. ein Kreuz (×); die Enden der beyden Stäbe werden auf jeder Seite durch ein Stück weiches Eisen, EE und FF, verbunden, um den magnetischen Strom durchzuleiten. Auf diese Art geht alle magnetische Materie, die den Stab MM durchströmt, und zu dem Ende b heraus fließt, in das Eisen EE über, und öffnet sich darin leicht einen Weg, um in das andere Ende a des Stabes NN zu kommen; von da geht sie durch b in

das andere Eisen FF, und wird alsdann wieder durch a in den ersten Stab MM geleitet. So wird also die magnetische Materie sich beständig herumbewegen, ohne daß das geringste davon verloren geht; und selbst in dem Fall, daß anfangs nicht genug Materie vorhanden war, wird die Luft das übrige ersetzen, und der Wirbel seine ganze Kraft in beyden Stäben erhalten.

Auch ist es sehr gut, ein paar stählerne Stäbe auf diese Art zu legen, wenn man sie magnetisch machen will. Man muß alsdann mit beyden Polen eines Magnets über sie hinstreichen, und zwar so, daß man mit dem Magnet von einem Stabe zum andern, über die an den Enden anliegenden Stücken Eisen, mehreremal herumfährt; wobey man sorgfältig darauf zu sehen hat, daß die beyden Pole des Magnets so gedreht werden, wie die Figur es anzeigt.

Diese Methode, zwey Stäbe zu gleicher Zeit magnetisch zu machen, muß wirksamer seyn, als die vorhergehende, weil die magnetische Materie, sobald man mit dem Magnet einmal herumgefahren ist, sogleich durch die Stäbe und die dazwischen befindlichen Stücken Eisen zu fließen anfängt. Fährt man alsdann fort zu streichen, so wird man immer mehr Poren in die zum Magnetismus erforderliche Lage bringen, und immer mehr magnetische Kanäle

eröffnen, wodurch der Wirbel eine immer größere Stärke erhält. Sind die Stäbe dick, so muß man sie von allen Seiten auf gleiche Weise streichen, damit die magnetische Wirkung sie ganz durchdringt.

Wenn die Stäbe ihre gehörige magnetische Kraft erlangt haben, so kann man sich ihrer anstatt eines natürlichen Magnets bedienen, um wieder andere magnetisch zu machen. Man hält sie oben mit den freundschaftlichen Polen, a und b (Fig. 32.) zusammen, und unten werden die beyden andern Pole so weit von einander entfernt, als man für schicklich hält. Alsdann streicht man mit den beyden untern Enden, die anstatt der beyden Pole eines Magnets dienen, ein paar andere Stäbe, auf die eben beschriebene Art.

Da diese beyden Stäbe in Form eines Zirkels zusammenverbunden sind, so hat man den Vortheil, sie so weit öffnen zu können, als man will; was bey einem Magnet nicht angeht. Oben, wo die Stäbe einander berühren, wird der magnetische Strom leicht aus dem einen in den andern übergehen; man könnte aber auch zur Vorsicht noch ein Stückchen weiches Eisen, P, hinzuthun, um den Strom noch besser zu unterhalten. Auf diese Weise wird man sehr leicht so viel Paare von Stäben, als man nur Lust hat, magnetisch machen können. Den 28. Nov. 1761.

Hundert und neun und neunzigster Brief.

Obgleich diese Art des doppelten Strichs der erstern vorzuziehen ist, so kann man doch auch durch sie die magnetische Kraft nicht über einen gewissen Grad treiben. Denn man mag sich eines natürlichen Magnets, oder zweyer magnetischer Stäbe zum Reiben bedienen, so können die geriebenen Stäbe nie eine größere Kraft, als jene, bekommen; weil die Wirkung unmöglich größer seyn kann, als die Ursach.

Wenn die Stäbe, mit welchen man reibt, wenig Kraft haben, so werden die geriebenen noch weniger haben. Der Grund davon ist klar; denn so wie Stäbe, denen es an aller magnetischen Kraft fehlt, auch keine in andern hervorbringen können, so ist es unmöglich, daß solche, die nur eine mittelmäßige Kraft besitzen, eine größere hervorbringen sollten; wenigstens kann es nicht durch die eben beschriebene Methode geschehen.

Gleichwohl aber darf man nicht glauben, daß es überhaupt unmöglich wäre, vermittelst einer kleinen magnetischen Kraft eine größere hervorzubringen. Ich werde die Ehre haben, Ew. H. eine Methode zu beschreiben, wodurch man die kleinste magnetische Kraft fast so sehr verstärken kann, als

man will. Dieß ist eine neue Erfindung, die um so mehr Aufmerksamkeit verdient, da sie über die Natur des Magnetismus viel Licht verbreitet.

Wir wollen annehmen, wir hätten einen sehr schwachen Magnet, oder, in Ermangelung eines natürlichen, eiserne Stäbe, die durch den bloßen Wirbel der Erde, auf die Art, wie ich es in meinen vorigen Briefen beschrieben habe, ein wenig magnetisch gemacht worden wären; ferner brauchten wir acht kleine stählerne Stäbe, die nicht gehärtet seyn müßten, damit sie die geringe magnetische Kraft desto leichter annehmen könnten, die der schwache, natürliche oder künstliche Magnet ihnen zu ertheilen fähig wäre, wenn sie auf die vorbeschriebene Art paarweise gestrichen würden.

Sind nun diese acht Stäbe etwas weniges magnetisch gemacht worden, so nehmen wir zwey Paar derselben, und verbinden sie so zusammen, wie es in der 33sten Figur vorgestellt ist. In einem jeden Paar dieser Stäbe liegen die gleichnamigen Pole auf derselben Seite, und so entsteht dadurch ein noch einmal so dicker Stab, AC und BD. Um den magnetischen Strom besser zu erhalten, kann man auch ein Stückchen weiches Eisen, P, oben in C und D hinzuthun. Die Arme dieses Zirkels werden so weit geöffnet, als man es für nöthig hält, und alsdann streicht man damit die übrigen Stäbe nach einander.

Dadurch erlangen diese eine größere Kraft, als vorher, weil nun eine doppelte Kraft auf sie wirkt. Alsdann verbindet man die zuletzt geriebenen Paare auf eben die Art, und streicht damit die beyden erstern, so werden diese beträchtlich verstärkt werden. Darauf nimmt man wieder die letztern Paare, und streicht damit die andern; und so fährt man abwechselnd fort, die einen Paare durch die andern zu streichen. Durch dieses Verfahren kann man ihnen einen solchen Grad von Kraft ertheilen, daß sie zuletzt keinen Zuwachs mehr annehmen können, wenn man sie auch noch so lange streichen wollte. Hat man mehr als vier Paare von solchen Stäben, so kann man, anstatt zwey, drey Paare zusammen verbinden, und damit die übrigen streichen; dadurch wird man sie geschwinder auf den höchsten Grad bringen.

Die größten Schwierigkeiten sind nunmehr überstiegen; denn wenn man von diesen Stäben zwey oder mehrere Paare zusammen verbindet, so kann man damit andere von wohl gehärtetem Stahl reiben, die entweder eben so groß, oder größer sind, und ihnen dadurch die größte magnetische Kraft mittheilen, deren sie fähig sind.

Man kann bey diesem Verfahren von solchen Stäben anfangen, die nicht größer sind, als ich sie hier beschrieben habe, und nach und nach zu Stäben von ungeheurer Größe und von dem besten Stahl,

der die magnetische Kraft nicht so leicht verliert, fortschreiten.*) Nur muß man, wenn man große Stäbe magnetisch machen will, so viel Paar zum Streichen nehmen, daß das Gewicht derselben wenigstens noch einmal so viel beträgt, als das Gewicht eines großen Stabes. Indessen ist es immer besser, stufenweise zu gehen, und jede Art von Stäben durch solche zu streichen, die nicht viel kleiner sind, und von denen man nicht nöthig hat, mehr als zwey Paare zusammen zu verbinden; denn muß man mehrere Paare nehmen, so bekommen die Enden, mit denen man streicht, einen zu großen Umfang, und die magnetische Materie, die da durchgeht, wird sich selbst verhindern die erforderliche Richtung anzunehmen, zumal da sie senkrecht in den Stab übergeht und in demselben eine horizontale Richtung annehmen muß.

Um der magnetischen Materie diese Beugung zu erleichtern, ist es gut, sie in einer schiefen Richtung

*) Auf eine solche Weise hat Knight in England zwey große künstliche Magnete zu Stande gebracht, wovon ein jeder aus 240 stählernen Stäben bestand, die zusammen 500 Pfund wogen, und in ein Parallelepipedum verbunden waren. Mit diesen konnte er in wenigen Sekunden die stärksten künstlichen Magnete machen, und selbst die Pole eines natürlichen in einem Augenblick umkehren. A. d. U.

in den Stab über zu leiten; und ich glaube, daß man dieß auf folgende Art bewerkstelligen könnte:

Die 34ste Figur stellt fünf Paare von Stäben MM, NN, vor, die zusammen verbunden sind, aber nicht in Gestalt eines Zirkels. Ueber die obern Enden ist ein Stab von weichem Eisen CD gelegt, um den Wirbel zu unterhalten; unten wird nicht unmittelbar mit den Enden der Stäbe gestrichen, sondern diese werden auf jeder Seite in einen Fuß von weichem Eisen eingefaßt, und durch ein paar Schrauben darin befestigt. Jeder Fuß ist gekrümmt, so daß die Richtung der magnetischen Materie, die durch diese Füße ungehindert durchfließt, sich bey ihrem Eintritt in den geriebenen Stab EF schon sehr der horizontalen Linie nähert, und nicht nöthig hat ihre Richtung sehr zu ändern. Ich zweifle keinen Augenblick, daß der Stab EF, durch Hülfe dieser Füße, eine viel größere magnetische Kraft erhalten würde, als wenn man ihn unmittelbar mit den Enden der magnetischen Stäbe striche. Auch kann man nach dieser Methode die äußersten Ende der Füße A und B nach Gutbefinden einander nähern oder entfernen.

Zum Schluß bemerke ich noch, daß, wenn die Stäbe mit der Zeit ihre magnetische Kraft verlieren, man sie durch dasselbe Verfahren leicht wiederherstellen kann. Den 1. Dez. 1761.

Zweyhundertster Brief.

Wenn man über die Eigenschaften des Magnets Versuche anstellen will, so muß man mit einer ziemlichen Anzahl magnetischer Stäbe von aller Art, von den kleinsten bis zu den größten, versehen seyn; deren jeder als ein besonderer Magnet betrachtet werden kann, der seine zwey Pole, einen nördlichen und einen südlichen, hat.

Ew. H. werden es gewiß sehr merkwürdig gefunden haben, daß man vermittelst der allergeringsten magnetischen Kraft eines elenden natürlichen Magnets, oder einer Feuerzange, die durch die Länge der Zeit etwas magnetisch geworden ist, im Stande ist, diese Kraft so sehr zu verstärken, daß die größten Stäbe von Stahl dadurch auf den höchsten Grad des Magnetismus gebracht werden können. Es ist überflüssig zu erinnern, daß man durch diese Methode die besten Magnetnadeln machen kann, die nicht nur viel größer, als die gewöhnlichen, sondern auch aus dem härtesten Stahl verfertigt sind. Ich werde noch etwas von der Verfertigung der künstlichen Magnete sagen, die man häufig in Form eines Hufeisens herumträgt, und dergleichen Ew. H. ohne Zweifel mehrere gesehen haben werden.

Diese künstlichen Magnete leisten in allen Fällen dieselben Dienste als die natürlichen, und können eine größere Kraft haben, als diese, wenn man ih-

nen eine gehörige Größe giebt. Man macht sie von einem wohl gehärteten Stahl, und die Figur eines Hufeisens scheint zur Erhaltung des Wirbels am bequemsten zu seyn. Wenn das Stück fertig ist, so theilt man ihm vermittelst der magnetischen Stäbe, nach der vorbeschriebenen Methode, die größte magnetische Kraft mit, deren es fähig ist. Es versteht sich dabey von selbst, daß, je größer ein solcher Magnet ist, man desto größere Stäbe anwenden muß, und deßwegen ist es nöthig, daß man mit allen Arten von Stäben versehen sey.

Wenn man ein Hufeisen HIG (Fig. 35.), das von gutem Stahl seyn muß, magnetisch machen will, so legt man ein paar magnetische Stäbe, AC und BD, mit ihren Trägern von weichem Eisen an beyden Seiten, auf den Tisch; der eine Träger wird alsdann abgenommen, und an seine Stelle das Hufeisen gebracht, so wie es in der Figur angedeutet ist. In dieser Lage wird die magnetische Materie der Stäbe sich bemühen das Hufeisen zu durchdringen; wegen der Härte des Stahls aber wird sie nicht vermögend seyn die Poren desselben zu ordnen, und sich einen Weg zu bahnen. Man muß ihr also zu Hülfe kommen und das nehmliche Mittel anwenden, dessen man sich bedient, die Stäbe magnetisch zu machen. Man nimmt einen Zirkel, der aus ein paar magnetischen Stäben besteht, und streicht damit auf

dieselbe Art über das Hufeisen hin; dadurch werden die magnetischen Kanäle geöffnet, und die feine Materie wird aus den Stäben in sie übergehen, und den magnetischen Wirbel bilden. Allein man muß sich dabey in Acht nehmen, daß die Arme des Zirkels nicht die Enden der Stäbe A und B, berühren; dieß würde den Strom der magnetischen Materie stören, die alsdann unmittelbar aus den Stäben in den Zirkel übergehen würde, oder, die Wirbel der Stäbe und des Zirkels würden einander gegenseitig zerrütten.

Das Hufeisen wird auf diese Art eine große Kraft erlangen, da es von einem starken magnetischen Strom durchstrichen wird; und man hat alsdann für nichts weiter zu sorgen, als daß man es von den Stäben trennt, ohne den Strom in Unordnung zu bringen. Wenn man es mit einemmale losriße, so würde der magnetische Wirbel zerstört werden, und der künstliche Magnet nur wenig Kraft übrig behalten.

Da die Kanäle sich nur so lange erhalten, als die magnetische Materie sie durchströmt, so kann man daraus schließen, daß die Theilchen, welche die Kanäle bilden, sich in einem gewaltsamen Zustand befinden, der nur so lange dauert, als die Kraft des Wirbels darauf wirkt, und daß, wenn diese aufhört, auch die Theilchen, vermöge ihrer Ela-

stizität, ihre natürliche Lage wieder annehmen, und die Kanäle zerstört werden. Dieß sehen wir sehr deutlich bey dem weichen Eisen, dessen Poren sich, bey der Annäherung eines magnetischen Wirbels, zwar sehr leicht ordnen, aber auch, bey der Entfernung desselben, fast alle magnetische Kraft verlieren, zum Beweis, daß sie zwar sehr beweglich sind, aber eine Elastizität besitzen, die sie in ihre natürliche Lage zurücksetzt, sobald die Kraft, welche sie veränderte, aufhört. Erst nach einer geraumen Zeit setzen sich einige Poren in der Lage fest, in welche sie durch die magnetische Kraft gebracht worden sind; dieß geschieht besonders bey den eisernen Stangen, die dem Wirbel der Erde lange ausgesetzt gewesen sind. Die Poren des Stahls sind viel weniger biegsam, und erhalten sich daher besser in dem Zustande, in den sie mit Gewalt versetzt werden; dennoch aber gerathen sie etwas in Unordnung, wenn die Kraft aufhört auf sie zu wirken, nur immer um so weniger, je härter der Stahl ist. Aus diesem Grunde müssen die künstlichen Magnete von dem härtesten Stahl seyn; wollte man sie von Eisen machen, so würden sie zwar, vermittelst der magnetischen Stäbe, sehr bald eine große Kraft erlangen, in dem Augenblick aber, als man sie abnähme, würde die Kraft verschwinden. Eben so muß man auch einige Vorsicht anwenden, wenn man die Magnete, die von einem

wohl gehärteten Stahl gemacht sind, von den Stäben abnimmt. Zu diesem Ende legt man zuerst ihren Träger, der aus einem weichen Eisen gemacht ist, nach der Linie MN darauf; wobey man sich hüten muß, daß er die Stäbe nicht berührt, weil dadurch alles verdorben würde, und man die Arbeit von vorne anfangen müßte. Alsdann wird ein guter Theil der Materie, die in dem Magnet GIH umläuft, ihren Weg durch den Träger nehmen, und einen besondern Wirbel bilden, der sich auch nach der Trennung erhalten wird.

Nach diesem schiebt man den Träger auf den Füßen des Magnets langsam bis ans Ende, wie es die 36ste Figur zeigt, und in diesem Zustand läßt man ihn einige Zeit ruhen, damit der Wirbel sich immer mehr und mehr befestige. Man beschwert auch den Träger mit einem Gewicht, P, das man von Tage zu Tage vergrößern kann; es versteht sich aber, daß der Träger so gearbeitet seyn muß, daß er die Füsse des Magnets vollkommen berührt. Den

5. Dez. 1761.

Zweyhundert und erster Brief*)

Die magnetischen Erscheinungen sind zwar nicht so in die Augen fallend, als die elektrischen, aber immer merkwürdig genug, um unsere Aufmerksamkeit zu beschäftigen, und uns zu reizen, ihrer Ursache nachzuforschen. Aus der Abweichung und Neigung der Magnetnadel sehen wir, daß die Kraft dieser Ursache nicht blos auf den engen Wirkungskreis der Magnete eingeschränkt ist, sondern daß sie sich über die ganze Erde verbreitet, und jederzeit wirksam ist. Es ist daher auch nicht unwahrscheinlich, daß sie an mancherley Naturereignissen Antheil hat, ohne daß wir es gewahr werden. Wir kennen nur e i n e Wirkung derselben, die, das Eisen anzuziehen, und in ihm selbst die magnetische Kraft zu erwecken; und dieß scheint noch dazu nur eine Nebenwirkung zu seyn — ein Umstand, der die Erforschung dieser Ursache nicht wenig erschwert.

Ganz anders ist es mit der Elektrizität; diese wirkt nicht blos auf unser Gesicht, sondern auch auf unser Gefühl, auf unser Gehör, auf unsere Geschmacks- und Geruchswerkzeuge. Wir können bey Untersuchung ihrer Natur alle Sinnen anwenden, und die mannigfaltigsten Erscheinungen hervorbrin-

*) Dieser und die folgenden Briefe sind von dem Uebersetzer.

gen, die zwar anfangs den Beobachter in Verlegenheit setzen mögen, aber ihn auch bey fortgesetzter Nachforschung desto sicherer leiten, und seinen Schlüssen mehr Gewißheit geben. Hingegen bey dem Magnetismus sind wir auf einen so kleinen Kreis von, ich möchte sagen, zweydeutigen Erscheinungen eingeschränkt, daß wir uns fast begnügen müssen, die Regel, nach welcher sie geschehen, anzugeben, und es kaum wagen dürfen, etwas über ihre Ursache zu bestimmen. Wenigstens können wir bis jetzt nur Muthmaßungen darüber aufstellen.

Sie haben in den vorhergehenden Briefen einen Versuch gesehen, die magnetischen Erscheinungen durch Wirbel einer feinen Materie zu erklären; allein ich zweifele, daß er Ihren Beyfall gefunden haben wird; auch hat der Verfasser selbst sein Mistrauen in Ansehung desselben offenherzig bekannt. Vielleicht wird Ihnen eine andere Hypothese, die ich Ihnen jetzt vorlegen will, besser gefallen.

Die vornehmste Erscheinung, die wir bey den Magneten bemerken, ist die, daß gleichnamige Pole einander zurückstoßen, ungleichnamige einander anziehen. Dieß hat viel Aehnlichkeit mit dem elektrischen Abstoßen und Anziehen. Sie erinnern sich, daß gleichartig elektrisirte Körper einander zurückstoßen, ungleichartig elektrisirte einander anziehen. Man hat also von der Aehnlichkeit

der Wirkung auf die Aehnlichkeit der Ursache geschlossen, und, so wie man zwey elektrische Materien annimmt, so auch zwey magnetische Materien angenommen. Diese Materien sind, wie die elektrischen, von der Beschaffenheit, daß die Theile einer jeden sich unter einander selbst zurückstoßen oder von einander zu entfernen suchen, beyde aber eine große Verwandschaft gegen einander haben, vermöge welcher sie einander anziehen, und, wenn sie sich vereinigt haben, einander binden, das heißt, ihre magnetischen Wirkungen gegenseitig aufheben. Wenn sie daher irgendwo zusammenverbunden vorhanden sind, so ist es so gut, als ob sie gar nicht da wären; wenigstens sind uns ihre Eigenschaften in diesem Zustande noch gänzlich verborgen, und es ist uns noch kein Merkmal bekannt, woraus wir alsdann auf ihre Gegenwart schließen könnten. Sobald sie aber getrennt werden, geben sie sich uns durch die magnetischen Erscheinungen — Anziehen und Abstoßen — zu erkennen.

Man kann sich nun vorstellen, diese Materien wären in dem Magnet getrennt vorhanden, oder vielmehr so mit einander vermischt, daß die eine in der einen Hälfte, und die andere in der andern das Uebergewicht hat, ungefähr in der Mitte aber beyde einander binden. An dieser Stelle, die der magnetische Mittelpunkt heißt, wird man we-

der ein Anziehen noch Abstoßen gewahr werden, oder der Magnetismus wird hier Null seyn; so wie man aber von diesen Punkt nach der einen oder der andern Seite fortgeht, so wird man einen immer stärkern Magnetismus verspüren. Die Materien wirken nehmlich desto stärker, je weniger sie mit einander vermischt sind und je weniger die Kraft der einen durch die andere gehemmt wird; wo sie also am wenigsten vermischt sind, da ist ihre Wirkung am stärksten; und das sind eben die Stellen, welche man die Pole nennt. Sie sehen daraus, daß es mit dem Magnet eine ähnliche Bewandniß hat, wie mit einem elektrisirten Turmalin oder einem metallenen Stabe, dessen eines Ende in die Atmosphäre eines elektrisirten Körpers gebracht ist*). Man könnte daher auch füglich die magnetischen Materien, wie die elektrischen, durch die Beynamen positiv und negativ unterscheiden, und sie durch +M und —M bezeichnen — eine Bezeichnung, die wirklich schon von mehrern Physikern gebraucht wird. Unter +M verstehen sie die Materie des Nordpols, und unter —M die des Südpols.

Nach dieser Hypothese besteht also das Wesen des Magnets darin, daß in ihm die beyden magnetischen Materien enthalten, und so von einander abgesondert sind, daß auf der einen Seite das +M,

*) S. im zweyten Bande den 141sten und 155sten Brief.

auf der andern das —M das Uebergewicht hat, ungefähr in der Mitte aber beyde im Gleichgewicht stehen. Wie es zugeht, daß sie, ihrer großen Verwandtschaft ungeachtet, sich nicht vermischen, sondern getrennt bleiben, können wir nicht sagen; der Grund davon mag wohl in der besondern Beschaffenheit der Bestandtheile des Magnets und ihrer Zusammenfügung liegen.

Mit dem Magnet steht zunächst das Eisen in besonderer Verwandschaft. Es wird nicht nur von ihm angezogen, sondern kann selbst die Natur des Magnets annehmen. Diese Eigenschaften erklären sich, wenn wir annehmen, daß die magnetischen Materien von Natur auch in dem Eisen enthalten, aber nur so darin vermischt sind, daß sie einander binden; gerade so wie wir glauben, daß die elektrischen Materien in allen Körpern in einem gebundenen Zustande vorhanden sind. So lange die magnetischen Materien in dem Eisen gebunden sind, bemerken wir keinen Magnetismus an ihm; sobald sie aber getrennt werden, so bald zeigen sich magnetische Erscheinungen. Ihre Trennung wird durch die Kraft eines Magnets bewirkt. Nähert man das Eisen einem von beyden Polen, so geschieht dasselbe, was wir bey einem leitenden Körper, der in eine elektrische Atmosphäre gebracht wird, wahrnehmen: es geht eine Vertheilung der magnetischen Mate-

rien vor sich; die ungleichnamige wird gegen den Pol gezogen, und die gleichnamige zurückgestoßen. Hat also der magnetische Pol +M, so bekommt das gegen ihn gekehrte Ende des Eisens —M, und das entgegengesetzte +M. Das +M des Magnets und das —M des Eisens suchen sich nun zu vereinigen, da sie sich aber nicht von ihren Körpern trennen können, so bewegen sie diese mit sich fort, so daß es das Ansehen hat, als ob diese einander anziehen. Eigentlich aber ist es weder der Magnet, welcher anzieht, noch das Eisen, welches angezogen wird, sondern die in beyden befindlichen magnetischen Materien sind es, die sich mit einander zu verbinden streben.

So stark indessen beyde Materien einander anziehen, so vermag doch keine die andere von dem Körper, mit welchem sie einmal verbunden ist, loszureissen. Es geht daher die magnetische Materie weder aus dem Eisen in den Magnet, noch umgekehrt aus dem Magnet in das Eisen über; und trennt man beyde Körper von einander, so tritt ein jeder wieder in seinen vorigen Zustand zurück. In dem Magnet bleiben die Materien, wie zuvor, getrennt, in dem Eisen aber vermischen sie sich wieder und binden einander, so daß aller Magnetismus darin verschwindet. Hierin unterscheiden sich also diese Körper sehr von den elektrischen, bey denen die elektri-

sche Materie wirklich aus dem einen in den andern übergeht, wenn sie einander berühren oder nahe genug gebracht werden. Man müßte denn den Magnet mit dem Elektrophor vergleichen wollen.

Nun erklärt es sich auch leicht, wie das Eisen selbst in einen Magnet verwandelt werden kann. Denn da beyde magnetische Materien in ihm so gut, wie in dem Magnet, vorhanden sind, so kommt es nur darauf an, sie von einander zu trennen, oder eben so zu vertheilen, wie sie in dem Magnet vertheilt sind. Und diese Vertheilung wird, wie wir eben gesehen haben, dadurch bewirkt, daß man das Eisen an den Pol eines Magnets bringt. Jedoch ist in diesem Fall die Kraft des Magnets selten hinreichend, eine bleibende Vertheilung hervorzubringen, die auch nach der Entfernung des Magnets noch fortdauerte. Man pflegt daher zu dieser Absicht wirksamere Mittel anzuwenden, die zum Theil oben unter dem Namen des einfachen und doppelten Strichs beschrieben worden sind; auch muß das Eisen selbst vorher recht wohl gehärtet werden. Was dabey für eine Veränderung in dem Eisen vor sich geht, daß die Materien nunmehr von einander abgesondert bleiben, wissen wir so wenig, als warum sie in dem Magnetstein von Natur getrennt sind. So viel aber sehen wir aus dieser Theorie, daß der Magnet dem Eisen oder Stahl, der durch ihn magnetisch gemacht wird,

keine magnetiſche Materie mittheilt, ſondern blos die in demſelben bereits enthaltene Materie vertheilt. Daher auch ein guter Magnet nichts von ſeiner Kraft verliert, wenn man ihn zur Verfertigung künſtlicher Magnete gebraucht.

So weit alſo laſſen ſich die Erſcheinungen aus der Vorausſetzung zweyer ſolcher Materien, wie ich ſie beſchrieben habe, ohne Zwang erklären; und da ſich alle magnetiſche Erſcheinungen, die wir kennen, auf das Anziehen und Abſtoßen dieſer Materien zurückführen laſſen, ſo ſcheint dieſe Hypotheſe auch zur Erklärung derſelben vollkommen hinreichend zu ſeyn. Selbſt die Lage des Feilſtaubs um den Magnet, die vornehmlich zur Erfindung der Wirbel-Theorien Anlaß gegeben hat, ergibt ſich ohne Schwierigkeit daraus. Man darf ſie ſich nur nicht, wie ich ſchon oben erinnert habe, kreisförmig vorſtellen, wie es in der 14ten Figur abgebildet iſt, ſondern ungefähr ſo, wie es Fig. 14* zeigt; und durch ein Mikroſkop findet man ſie nicht einmal ganz ſo regelmäßig, als ſie dem bloßen Auge erſcheint. Der Feilſtaub nimmt dieſe Lage aus demſelben Grunde an, aus welchem die Magnetnadeln um einen Magnet ſich ſo richten, wie es die 12te Figur darſtellt. Denn durch die Einwirkung des Magnets werden die magnetiſchen Materien in einem jeden Eiſentheilchen vertheilt, und ſo entſtehen lauter kleine Magnete daraus. Die

Richtung der Magnetnadeln aber folgt aus dem Anziehen und Zurückstoßen der magnetischen Pole. Ein jeder Pol des Magnets zieht die ungleichnamigen Pole der Magnetnadeln an sich, und stößt die gleichnamigen zurück; daher sind jene gegen ihn gerichtet, diese von ihm abgewandt; und in der Mitte, wo gar keine Polarität statt findet, legt sich die Nadel parallel mit dem Magnet, weil sie nach beyden Enden gleich stark gezogen wird. Daß sich die Feilspähne an den Polen A und B (Fig. 14*) bogenförmig von einander entfernen, rührt blos daher, weil sie alle auf einerley Art magnetisirt sind, und sich also unter einander selbst abstoßen, so wie die Haare eines elektrisirten Haarbüschels. Man hat also zur Erklärung dieser Figur keines Wirbels nöthig.

Endlich bemerke ich noch, daß man, um den Magnetismus der Erdkugel, und die daher rührende Abweichung und Neigung der Magnetnadeln zu erklären — wenn man keinen magnetischen Kern in der Erde annehmen will — sich vorstellen kann, die magnetischen Materien wären in den beyden Halbkugeln ungleich vertheilt, so daß in der einen das +M, in der andern das —M das Uebergewicht behauptet.

Zweyhundert und zweyter Brief.

Die Theorie des Magnets, von der ich Ihnen in dem letzten Briefe einen kurzen Abriß zu geben versucht habe, ist, so viel ich weiß, zuerst von dem schwedischen Naturforscher Herrn Wilke aufgestellt, und nach diesem von Hrn. Brugmanns umständlich abgehandelt worden; auch stimmt Hrn. Prevost's vor einigen Jahren bekannt gemachte Theorie im Wesentlichen damit überein. Gewiß wird es Ihnen nicht schwer seyn, die Anwendung davon auf die verschiedenen magnetischen Erscheinungen selbst zu machen; und ich begnüge mich daher, Ihre Aufmerksamkeit blos auf einige besondere Umstände zu lenken, die so natürlich aus dieser Theorie fließen, daß sie als eine Bestätigung derselben angesehen werden können.

Es ist bekannt, daß, wenn man eine Nähnadel von einem Magnet anziehen läßt, sich an diese wieder eine zweyte, an diese eine dritte, und so fort, eine ganze Reihe von mehr oder weniger Nadeln an einander hängen kann, je nachdem der Magnet stärker oder schwächer ist. Man darf nicht glauben, daß alle diese Nadeln unmittelbar durch die Kraft des Magnets erhalten würden, sondern eine jede wird von derjenigen Nadel, an welcher sie hängt, selbst angezogen, indem diese zu einem wahren Mag-

net geworden ist. Der Magnet nehmlich zieht die erste Nadel nur in sofern an, als er in ihr eine Vertheilung ihrer magnetischen Materien bewirkt, die ungleichartige Materie zieht er an, und die gleichartige stößt er zurück; die Nadel wird dadurch wirklich magnetisirt, und bekommt zwey Pole, von denen der eine an dem Magnet selbst anliegt, und der andere von ihm abgekehrt ist. Der leztere zieht die zweyte Nadel an, indem er in ihr eine ähnliche Vertheilung hervorbringt; diese wird also ebenfalls magnetisch und äußert eine gleiche Wirkung auf die dritte Nadel u. s. w. Je stärker aber die Kraft des Magnets ist, desto vollkommener ist die Vertheilung in der ersten Nadel; mithin kann diese desto stärker auf die nächste, und diese auf die folgende Nadel wirken u. s. f., folglich kann auch die Anzahl der Nadeln desto größer seyn. Es erhellet auch aus dieser Erklärung, daß in den unterwärts gekehrten Enden der Nadeln lauter gleichnamige Pole liegen, die alle mit dem Pol des Magnets, an welchem die erste Nadel hängt, gleichnamig sind. Ist also dieses ein Nordpol, so liegen in den untern Enden der Nadeln lauter Nordpole, und in den obern lauter Südpole; ist es aber ein Südpol, so verhält sich die Sache umgekehrt.

Da die Nadeln von Stahl sind, so dauert der in ihnen erregte Magnetismus eine Zeitlang fort.

Nimmt man daher eine von ihnen aus der Reihe heraus, kehrt sie um, und versucht es darauf, sie wieder an ihren Platz zu bringen, so wird man finden, daß sie nunmehr weder von der obern Nadel angezogen wird, noch die untern, wie vorher, anzieht — weil sie gegen beyde mit den gleichnamigen Polen gekehrt ist, gleichnamige Pole aber einander zurückstoßen.

Diese allgemeine Regel, daß gleichnamige Pole einander zurückstoßen, scheint bisweilen eine Ausnahme zu leiden. Es gibt Fälle, wo der Nord- oder Südpol eines Magnets den Nord- oder Südpol eines andern wirklich anzuziehen scheint. Diese Fälle finden alsdann statt, wenn einer von beyden Magneten in Vergleich gegen den andern sehr schwach ist. Sie sehen, daß die Magnete hierin wieder eine Aehnlichkeit mit den elektrisirten Körpern haben: gleichartig elektrisirte Körper ziehen einander wirklich an, wenn der eine eine ungleich stärkere Elektrizität hat, als der andere*). Und der Grund ist bey den Magneten ganz derselbe: durch die starke Wirkung des + oder — M in dem einen Magnet wird die gleichnamige magnetische Materie in dem zugekehrten Ende des andern ganz zurückgetrieben, und die ungleichnamige von dem entgegengesezten Ende herbeygezogen; dadurch wird der gleichnamige Pol

*) Siehe den zweyten Band S. 299.

wirklich in den ungleichnamigen verwandelt, und nun können beyde Magnete einander anziehen. Die Ausnahme ist also in der That nur scheinbar.

In einem Magnet sind zwar die magnetischen Materien ungleich vertheilt, aber doch nicht gänzlich von einander abgesondert, noch weniger die eine vor dem Einfluß der andern sicher gestellt. Beyde wirken auch hier noch gegenseitig auf einander und suchen einander zu binden, und daher wird die Wirkung des einen Pols immer durch die Kraft des andern vermindert. Hiervon kann man sich durch folgende Versuche auf eine angenscheinliche Weise überzeugen.

Man bringe den Nordpol eines Magnets seitwärts gegen den Nordpol einer Magnetnadel, so wird diese aus ihrer natürlichen Lage gebracht werden, und sich mit der nördlichen Spitze von dem Magnet entfernen. Hält man darauf den Nordpol eines andern Magnets an den Südpol des ersten, so verstärkt man dadurch die Wirkung seines Nordpols, wie man daraus sehen kann, daß die Magnetnadel alsdann etwas weiter zurückweicht. Denn durch das +M des zweyten Magnets wird das —M des ersten gebunden; dieses kann also nicht mehr so sehr auf das +M desselben Magnets wirken; das leztere wird sogleich freyer und erlangt dadurch eine größere Stärke. Ueberdieß wird durch

das + M des zweyten Magnets das + M des ersten noch mehr nach dem nördlichen Ende hin getrieben.

Bringt man aber den zweyten Magnet mit dem Südpol gegen den ersten, so erfolgt eine entgegengesetzte Wirkung: die Kraft des Nordpols wird geschwächt, und die Nadel nähert sich wieder ihrer natürlichen Lage. Durch das — M des zweyten Magnets wird nicht nur das — M des ersten nach dem nördlichen Ende getrieben, so daß es sich desto leichter mit dem + M verbinden kann, sondern dieses leztere wird auch noch obendrein nach dem südlichen Ende heruntergezogen.

Auch schon ein bloßes Stück Eisen ist hinreichend, die Wirkung des Magnets auf die Nadel zu verstärken oder zu schwächen, je nachdem man es an den von der Nadel abwärts gekehrten Pol, oder an den, der gegen sie gerichtet ist, hält. Im ersten Fall wird das + oder — M des magnetischen Pols durch die ungleichnamige magnetische Materie des Eisens beschäftigt, und wirkt nicht mehr so stark auf das — oder + M des andern Pols; im zweyten Fall wird die magnetische Materie des Pols gleichfalls durch die freundschaftliche des Eisens etwas gebunden, und verliert folglich einen Theil ihrer Wirkung auf die Nadel.

Was hier von der Wirkung der magnetischen Pole auf die Magnetnadel gesagt wird, gilt auch von ihrer Wirkung auf ein jedes Eisen überhaupt. Ein Magnet kann mit dem einen Pol, z. B. mit dem nördlichen, ein größeres Gewicht tragen, wenn man zu gleicher Zeit gegen den andern den Nordpol eines zweyten Magnets hält; im Gegentheil kann er weniger tragen, wenn man dem andern den Südpol nähert. Eben so ist er im Stande, ein schwereres Stück Eisen anzuziehen, wenn man unter dasselbe den freundschaftlichen Pol eines andern Magnets hält. Denn die Vertheilung der magnetischen Materien in dem Eisen geht desto besser von statten, wenn es zwischen die freundschaftlichen Pole zweyer Magnete gebracht wird, folglich wird es auch desto stärker angezogen. Das Gegentheil erfolgt, wenn man den feindschaftlichen Pol darunter hält.

Alle diese Erfahrungen, die ich Ihnen bisher angeführt habe, werden Sie überzeugt haben, daß zwischen dem magnetischen und dem elektrischen Anziehen und Abstoßen eine große Aehnlichkeit statt finde. Sie werden sich daher nicht wundern, wenn ich Ihnen sage, daß mehrere, und zwar sehr achtungswürdige Physiker der Meinung gewesen sind, daß die magnetischen und die elektrischen Materien wesentlich einerley, und blos durch Beymischung verschiedenartiger Stoffe von einander verschieden wären. Es kann

seyn, daß sie recht haben; aber eben so möglich ist es auch, daß sie unrecht haben. Bis jetzt kennen wir das Wesen der magnetischen Materien viel zu wenig, als daß wir etwas darüber entscheiden könnten. Ja es ist noch nicht einmal außer Zweifel gesetzt, daß die Materien, die wir hier annehmen, wirklich vorhanden sind; sondern nur das können wir mit Grund behaupten, daß die magnetischen Erscheinungen sich so verhalten, als ob zwey solche Materien vorhanden wären.

Dagegen ist es sehr gewiß, daß die Elektrizität einen großen Einfluß auf den Magnetismus hat, und daß man selbst durch Elektrizität Magnetismus hervorbringen kann. Man hat oft bemerkt, daß Magnetnadeln bey starken und nahen Gewittern, oder in Zimmern, wo viel elektrisirt wurde, unruhig geworden, ingleichen daß sie durch den elektrischen Schlag ihrer magnetischen Kraft zum Theil oder gänzlich beraubt worden sind. Ingleichen kann ein unmagnetischer Drath durch einen elektrischen Schlag magnetisch gemacht werden. Diese Erfahrungen sind gewiß, aber bey weitem noch nicht hinreichend, die Identität der elektrischen und magnetischen Materie zu beweisen; kaum kann man daraus auf eine Verwandschaft derselben schließen, so lange man noch nicht weiß, auf welche Art die Elektrizität jene Wirkungen hervorbringt.

Ich schließe diese Materie mit einer artigen Erfindung des Herrn von Saussüre, dem Magnetometer, einem Werkzeug, welches dazu dient, die Stärke der Magnete zu bestimmen. Die Hauptsache daran ist ein Pendel mit einer eisernen Kugel. In einer bestimmten Entfernung von dieser wird der Magnet befestigt, der durch seine Anziehung die Kugel aus ihrer verticalen Richtung bringt. Oberhalb der Achse des Pendels ist die Pendelstange ungefähr noch fünfmal so lang, und zeigt an einem dazu abgetheilten Bogen die Grade. Das Instrument ist sehr empfindlich, und Hr. v. S. hat dadurch gefunden, daß vorzüglich die Veränderungen in der Temperatur der Luft Veränderungen in der Stärke eines und eben desselben Magnets hervorbringen.

Anhang

enthaltend

Briefe des Ueberſezers.

Zweyhundert und dritter Brief.

Noch sind mir ein paar wichtige Materien übrig, die ich nicht ganz mit Stillschweigen übergehen will, da sie mir Gelegenheit geben, nicht nur manches zu berichtigen und zu erläutern, was bisher in diesen Briefen vorgekommen ist, sondern Sie zugleich mit einer ganz neuen Klasse von Erscheinungen bekannt zu machen. Ich meine die Luftarten und das Feuer, von welchen jene erst seit wenigen Jahrzehenden entdeckt sind, dieses zwar seit Jahrtausenden bekannt, aber seiner Natur nach noch immer wenig erforscht ist.

Sie haben bereits in den ersten Briefen*) einige merkwürdige Eigenschaften der Luft kennen lernen. Sie ist, wie Sie gesehen haben, ein flüssiger, unsichtbarer Körper, der sich zusammendrücken läßt, und sich wieder ausdehnt, wenn der Druck aufhört, oder, sie ist elastisch. Man mag die Zusammendrükkung so weit treiben, als man nur will und kann, so wird sie dadurch nicht zerstört oder verändert.

*) S. den ersten Band, den zehnten und einige der folgenden Briefe.

Durch die Wärme wird sie zwar merklich ausgedehnt, und durch die Kälte eben so sehr zusammengezogen, aber keiner ihrer wesentlichen Eigenschaften dadurch beraubt. Endlich kann sie, bey aller ihrer Feinheit, doch nicht durch Glas dringen; sperrt man sie in ein gläsernes Gefäß, so bleibt sie darin eingeschlossen, wenn sie anders nicht so sehr zusammengepreßt, oder durch Hitze ausgedehnt wird, daß sie das Gefäß zersprengt. Eben so wenig kann sie in ein luftleeres Gefäß, das von allen Seiten verschlossen ist, hineindringen.

Man betrachtet diese Eigenschaften als die wesentlichen Kennzeichen einer Luftart oder einer luftförmigen Flüssigkeit, und sie unterscheiden sich dadurch hinreichend von allen andern flüssigen Materien, die wir kennen. So hat z. B. der Wasserdampf darin eine Aehnlichkeit mit der Luft, daß er eine unsichtbare höchst elastische Flüssigkeit ist, die in gläserne Gefäße eingeschlossen werden kann; allein er wird nicht nur durch eine sehr starke Zusammenpressung, sondern noch mehr durch die Kälte zerstört, und seiner Natur nach ganz verändert — er wird dadurch wieder in Wasser verwandelt, woraus er entstanden ist. Das Feuer, die elektrische, magnetische und andere feine Materien sind der Luft vielleicht in den übrigen Eigenschaften ähnlich, unterscheiden sich aber dadurch von ihr, daß sie

nicht in gläserne Gefäße eingeschlossen werden können.

Dagegen hat man seit ungefähr 20 bis 30 Jahren eine beträchtliche Anzahl von Flüssigkeiten entdeckt, die alle jene Eigenschaften mit der Luft gemein haben: sie sind elastisch, wie sie; verändern durch die Wärme und Kälte ihr Volumen wie sie, ohne zerstört zu werden; und lassen sich, wie sie, in gläsernen Gefäßen aufbewahren. Dieß ist unstreitig der Grund, warum man sie so lange verkannt und für bloße gemeine Luft gehalten hat. Sie unterscheiden sich aber von dieser sowohl, als von einander selbst noch durch mancherley besondere Eigenschaften. Sie werden daher zwar insgesammt unter dem allgemeinen Namen der Luftarten oder Gasarten begriffen, eine jede aber wieder durch einen besondern Beynamen bezeichnet.

Die Entdeckung dieser Luftarten gehört zu den wichtigsten, die man seit langer Zeit in der Physik gemacht hat. Durch sie haben wir von unsrer Atmosphäre selbst erst eine richtigere Kenntniß bekommen, durch sie sind unsere Begriffe vom Feuer, vom Wasser, von vielen meteorologischen und andern Naturerscheinungen um vieles heller geworden, durch sie hat die Chemie, Physiologie, Heilkunde, Botanik und andere Wissenschaften gewonnen. Es fehlt aber auch noch viel, daß die Natur einer jeden Luftart

selbst schon gehörig untersucht und bestimmt wäre. Die vornehmsten Naturforscher haben sich hierüber noch nicht vereinigen können; mit der Entscheidung ihrer Streitigkeiten aber hat man eine neue Epoche in der Naturwissenschaft zu erwarten. Dieser Umstand setzt mich in einige Verlegenheit, weil ich fürchte, daß Sie an Hypothesen wenig Vergnügen finden werden, und ich doch nicht ganz vermeiden kann davon zu sprechen. Inzwischen dürfen Sie wenigstens nicht besorgen, daß ich Ihnen etwas als ausgemacht vortragen werde, was bis jezt noch zweifelhaft ist; und dann hoffe ich, daß die Menge sicherer und wichtiger Thatsachen Sie für die Mühe schadlos halten wird, die Sie diesem Gegenstande widmen.

Die atmosphärische Luft, hat außer den vorhin genannten Eigenschaften, die wir als allgemeine Kennzeichen aller Luftarten angesehen haben, noch verschiedene andere, die nicht weniger merkwürdig sind. So wissen Sie z. B. daß sie zur Unterhaltung des Feuers sehr geschickt ist. Denn bey den Verbrennungen der Körper verhält sie sich nicht blos leidend, sondern sie hat selbst einen wesentlichen Antheil daran. Ohne Luft kann kein Feuer brennen, wie Sie sich leicht überzeugen können, wenn Sie ein Licht unter die Glocke einer Luftpumpe bringen, und die Luft darunter wegziehen. Hierin kommen aber nicht alle Luftarten mit einander überein. Im Gegentheil

sind

sind die meisten von der Beschaffenheit, daß ein Licht in ihnen fast eben so schnell, wie im Wasser, ausgeht.

Ferner ist uns die Luft zum Athmen, und folglich zum Leben ganz unentbehrlich. Es ist aber nichts weniger als gleichgültig, was für eine Luft wir athmen. Es giebt Luftarten, in denen wir sogleich ersticken würden; und zwar sind das dieselben, die zur Ernährung des Feuers untauglich sind. Ueberhaupt hat man bemerkt, daß diejenige Luft, in der ein Feuer noch brennen kann, auch zur Erhaltung des thierischen Lebens geschickt sey; diejenige aber tödtlich, in welcher ein brennendes Licht, oder eine glühende Kohle erlöschen. Dieser Unterschied zeugt von einer wesentlichen Verschiedenheit in den Bestandtheilen der Luftarten selbst, und man theilt sie daher in zwey Hauptklassen ein: 1) in solche, die zur Erhaltung des Feuers und des thierischen Lebens geschickt sind, und 2) in solche, die es nicht sind; oder auch 1) in einathembare, respirable, und 2) in uneinathembare, irrespirable. Die letztern werden auch mit einem allgemeinen Namen mephitische Luftarten, auch Schwaden genannt. In den folgenden Briefen werde ich die Ehre haben, Ihnen die vornehmsten Eigenschaften von den merkwürdigsten dieser Luftarten näher zu beschreiben.

Zweyhundert und vierter Brief.

Ich mache den Anfang mit der Betrachtung der einathembaren oder respirabeln Luftarten. Und hier muß ich wohl zuerst von derjenigen sprechen, in der wir leben und beständig athmen, die uns und unsern ganzen Erdkreis umgibt, und die unter dem Namen der atmosphärischen oder gemeinen Luft verstanden wird. Jedoch werde ich hier nichts von ihrer Elastizität, von ihrer Veränderung durch die Wärme und Kälte, von ihrer Fähigkeit, den Schall fortzupflanzen, mit einem Wort, nichts von den Eigenschaften sagen, die sie mit den übrigen Luftarten gemein hat, sondern mich blos auf diejenigen einschränken, wodurch sie sich von diesen unterscheidet.

Daß die atmosphärische Luft zur Erhaltung des Feuers geschickt sey, und daß dieß eines ihrer charakteristischen Merkmale ausmache, habe ich schon im vorigen Briefe bemerkt; jetzt lassen Sie uns sehen, wie weit sich dieses Vermögen erstreckt, und was sie selbst für eine Veränderung durch das Feuer erleidet.

Zu dieser Absicht stülpen wir ein Glas, oder noch besser eine gläserne Glocke, dergleichen bey den Luftpumpen gebraucht werden, über eine auf einem Teller befindliche glühende Kohle, oder über ein brennendes

Licht; und um der äußern Luft den Zutritt unter die Glocke zu verwehren, gießen wir so viel Wasser auf den Teller, daß der Rand der Glocke auf einen oder zwey Finger hoch davon bedeckt wird — wobey es sich von selbst versteht, daß die Kohle oder das Licht auf eine oder die andere Weise vor der Berührung des Wassers gesichert werden müssen. — Alsdann, werden Sie finden, wird das Feuer nicht lange dauren; der Glanz desselben wird sehr geschwinde abnehmen, und bald wird es ganz erlöschen. Darauf aber wird ein großer Theil des auf dem Teller befindlichen Wassers unter die Glocke dringen. — Zwey wichtige Ereignisse, die wir aus diesem Versuch zugleich kennen lernen.

Zuerst erhellet daraus, daß sich das Feuer in einer bestimmten Menge von Luft auch nur eine gewisse Zeit erhalten kann, und daß es erlöschen muß, wenn nicht beständig neue Luft herzuströmt; zweytens, daß sich die Luft durch das Verbrennen so verändert, daß sie nachher durch den Druck der äussern Luft in einen kleinern Raum zusammen gedrängt oder ihrem Umfange nach vermindert wird.

Diese Verminderung wird eigentlich nach und nach durch das Feuer bewirkt; sie ist aber während des Verbrennens nicht merklich, weil die Luft durch die dabey entstehende Hitze ausgedehnt wird, und sich sogar zu vermehren scheint. Erst wenn das

Feuer erloschen und die Luft erkaltet ist, wird ihre Abnahme sichtbar.

Die zurückgebliebene Luft ist keine atmosphärische Luft mehr. Denn sie ist nicht mehr, wie diese, im Stande, das Feuer zu unterhalten. Wenn Sie auch ein Licht von neuem anzünden, so wird es doch ausgehen, sobald Sie es unter die Glocke bringen. Und da eine Luft, wie Sie sich erinnern werden, auch nicht zum Athmen tauglich ist, in der kein Feuer brennen kann: so können Sie hieraus schließen, daß die Luft durch das Feuer irrespirabel geworden sey. Wollten sie eine Maus oder einen Vogel unter die Glocke setzen, so würden diese nach wenigen Athemzügen todt umfallen.

Eine ähnliche Veränderung wird durch das Athmen in der Luft hervorgebracht. Sperrt man ein Thier unter eine Glocke mit atmosphärischer Luft, und verhindert, auf eben die Art wie bey dem vorigen Versuch, den Zutritt der äußern Luft, so wird es sich zwar anfangs wohl befinden, aber bald wird es Beängstigungen verrathen, und nach kurzer Zeit unter Convulsionen umfallen. Dieser Augenblick wird desto früher eintreten, je kleiner die Glocke im Verhältniß gegen das Thier ist. Die Luft wird ebenfalls, wie bey dem Verbrennen eines Körpers, in ihrem Umfange vermindert, wie man daraus sehen kann, daß das Wasser unter der Glocke, wenn

das Thier gestorben ist, höher steht, als es im Anfange war — und der Ueberrest der Luft ist weder zum Athmen, noch zur Unterhaltung des Feuers mehr geschickt; ein anderes Thier, unter die Glocke gebracht, würde in wenigen Augenblicken sterben, und ein Licht auf der Stelle erlöschen.

Das Athmen verdirbt also die Luft eben so sehr wie das Verbrennen; durch beydes wird sie tödtlich oder irrespirabel; und es folgt daraus, daß die Luft, die wir ausathmen, nicht dieselbe ist, die wir einathmen, sondern daß in unserm Körper eine große Veränderung mit ihr vorgeht.

Ohne mich hier in eine Erklärung dieser Versuche einzulassen, die ich bis auf eine andere Zeit verspare, will ich nur einige sehr gemeine Erscheinungen und bekannte Erfahrungen anführen, die uns daraus begreiflich seyn werden.

In einem verschlossenen kleinen Zimmer, wo die frische Luft wenig Zugang findet, fangen Lichter sehr bald an, dunkel und matt zu brennen; hingegen in einem großen Saal voll frischer Luft brennen sie mit einem lebhaften Glanz. Gleichwohl werden Sie es auch in geräumigen Tanzsälen schon öfters bemerkt haben, daß die Lichter je länger je dunkler werden; weil die Luft durch das Athmen so vieler Personen und durch das Brennen so vieler Lichter verderbt wird. — Durch Blasen, besonders mit einem Bla-

sebalg können wir ein schon halb erstorbenes Feuer, von neuem erwecken und beleben, und eine große Glut hervorbringen. Was wird aber durch das Blasen anders bewirkt, als daß dem brennenden Körper beständig neue Luft zugeführt, und in das Innere desselben hineingetrieben wird. — Ein Feuer auslöschen, heißt nichts anders, als die Luft davon abhalten. So geht das Feuer in dem Ofen aus, wenn man ihn ganz zumacht; in einem Schornstein hört es auf zu brennen, wenn die obere Oeffnung verstopft wird, weil alsdann die Luft oben nicht herauskommen, und also auch keine neue von unten an ihre Stelle treten kann; der glühende Tocht in der Lichtscheere erlischt desto schneller, je fester wir diese zusammendrücken, und selbst die Wirkung des Wassers auf brennende Körper besteht zum Theil darin, daß es sich so dicht um diese anlegt, daß sie vor der Berührung der Luft geschützt werden.

Wenn viele Personen sich in einem verhältnißmäßig kleinen Zimmer befinden, so wird die Luft darin bald so verdorben, daß es beschwerlich und nachtheilig ist, sich länger darin aufzuhalten. Man pflegt dieß von den Ausdünstungen der Personen herzuleiten, den größten Antheil daran aber hat unstreitig das Athmen derselben. Auf den Schiffen, die sich mit dem Negerhandel beschäfftigen, wo gemeiniglich eine Menge von Sklaven in ein enges Loch zusam-

mengesperrt werden, sterben nicht selten viele dieser Unglücklichen plötzlich, aus Mangel an frischer Luft. Junge Leute verderben zwar die Luft nicht so schnell als alte, nichts destoweniger aber verderben sie sie doch, und es ist daher sehr thöricht zu glauben, daß der Aufenthalt in Stuben, wo viele junge Leute beysammen sind, der Gesundheit zuträglich wäre.

Da seit dem Anbeginn der Welt unzählige Menschen und Thiere geathmet haben, das Feuer vielleicht nie erloschen ist, und außerdem so viele andere die Luft verderbende Veränderungen in der Natur vorgegangen sind: so müßte unsere Atmosphäre längst zum Athmen untauglich geworden seyn, wenn der weise Schöpfer nicht große Anstalten vorbereitet hätte, wodurch die verdorbene Luft stets wieder verbessert und gereinigt würde. Ich bin überzeugt, daß es Ihnen Vergnügen machen wird, etwas von der Oekonomie der Natur in diesem Stücke zu erfahren; ich verspare es aber aus guten Gründen bis zu einem der nächsten Briefe, Ihnen dasjenige mitzutheilen, was man bisher davon entdeckt hat.

Zweyhundert und fünfter Brief.

Man hat zwar die Luft ehedem als einen elementarischen Stoff, das heißt, als einen solchen, dessen Bestandtheile alle gleichartig wären, und sich nicht weiter zerlegen ließen, angesehen; allein die in dem vorigen Briefe angeführten Versuche, nebst andern Erfahrungen, haben die Physiker bewogen, sie für einen sehr zusammengesetzten Körper, und namentlich für ein Gemische von mehrern ganz verschiedenen Luftarten zu halten. Den größten Theil von ihr macht die so genannte phlogistisirte oder phlogistische, den nächst kleinern die dephlogistisirte, und den kleinsten die fixe Luft aus. Man rechnet gemeiniglich, daß auf eilf Theile von der erstern, viere von der zweyten, und einer von der dritten komme. Wir müssen also vorzüglich die Eigenschaften dieser Luftarten betrachten, um uns einen genauern Begriff von der Natur unsrer Atmosphäre zu verschaffen.

Ich wende mich sogleich zu der dephlogistisirten Luft, die in der Klasse der einathembaren Luftarten oben an zu stehen verdient, oder sie eigentlich ganz allein ausmacht, indem die übrigen Luftarten nur in so fern geathmet werden können, als sie mit dieser in gehöriger Menge vermischt sind. Diese Luftart oder dieses Gas wird auch von an-

dern die reine Luft, Lebensluft, oder Feuerluft genannt.

Sie wird nirgends in der Natur unvermischt angetroffen, und muß daher erst durch Kunst bereitet werden. Man kann sich hierzu des Salpeters oder des Braunsteins bedienen, die diese Luft in grosser Menge hergeben, wenn sie auf folgende Art behandelt werden. Man thut sie in eine irrdene, oder besser in eine gläserne, von außen mit Thon belegte, Retorte mit einem langen Halse, ungefähr von der Form, wie es die 37ste Figur vorstellt, und setzt sie nach und nach einem starken Feuer aus. Wenn der Körper schmilzt, so entwickelt sich die gedachte Luft aus ihm, und dringt zu dem Halse der Retorte heraus. Um sie aufzufangen, bringt man das äußerste Ende der Retorte in den Hals einer umgekehrten und ganz mit Wasser gefüllten Flasche, deren Mündung aber unter Wasser gesetzt seyn muß, damit keine atmosphärische Luft hineindringen könne. Alsdann sieht man die Luftblasen sehr schnell nach einander in der Flasche in die Höhe steigen, sich oben sammeln und das Wasser aus ihr heraustreiben.

Ein Blick auf die angeführte Figur wird Ihnen einen bessern Begriff von dem ganzen Apparat geben, als alle Beschreibung. AA ist ein kleiner chemischer Ofen, BBB die Retorte, CC die Flasche, die auf dem gehörig dazu ausgeschnittenen Brete NN

ruht. Das Gefäß MM wird so weit mit Wasser gefüllt, daß der Hals der Flasche zum Theil davon bedeckt wird. Der Hals der Retorte muß vorne enger seyn, als die Oeffnung der Flasche, damit das Wasser aus der letztern bequem herausfließen kann. DD endlich ist ein blecherner Schirm, welcher verhindert, daß das Wasser und die Luft in der Flasche durch die Hitze nicht zu sehr ausgedehnt werden.

Auf diese Weise kann man aus einigen Unzen Salpeter oder Braunstein eine ganze Menge Flaschen füllen. Nach Fontana's Bericht gibt ein einziger Kubikzoll Salpeter 800 Kubikzoll Luft; und Hr. Ingenhouß erzählt, daß er aus vier Unzen vom reinsten Salpeter über drey tausend Kubikzoll Luft erhalten hätte. Freylich werden zu dem ganzen Verfahren, wenn es recht gelingen soll, gewisse Handgriffe erfordert, die man nur durch Uebung erlernt; ausserdem geräth man in Gefahr die Retorten zu zersprengen. Will man die Luft aufbewahren, so ist es gut, die Flaschen nicht ganz zu füllen, sondern etwas weniges Wasser in dem Halse zurück zu lassen; dann müssen sie unter dem Wasser fest zugestöpselt und in einer verkehrten Stellung bey Seite gesezt werden.

Die Chemie lehrt noch viele andre Wege, die dephlogistisirte Luft zu bereiten, mit deren Beschreibung ich Sie aber nicht unterhalten will; nur muß

ich so viel sagen, daß es überhaupt sehr schwer ist, eine ganz reine dephlogistisirte Luft zu verfertigen; meistentheils ist sie mit einiger phlogistischer vermischt.

Die vornehmste Eigenschaft der dephlogistisirten Luft besteht darin, daß sie sowohl zur Erhaltung des thierischen Lebens, als zur Ernährung des Feuers ungleich geschickter ist, als die beste atmosphärische. Bringt man eine brennende Kerze unter eine Glocke, die mit dieser Luft gefüllt ist, so wird die Flamme nicht nur weit heller und glänzender seyn, sondern auch sieben- bis achtmal länger dauren, als in einer gleich großen Menge gemeiner Luft; und eben so wird auch ein Thier sieben- bis achtmal länger darin athmen. Der glimmende Tocht eines Wachsstocks, oder ein glimmendes Stückchen Holz oder Papier, fängt darin sogleich an zu brennen. Glühende Kohlen, Räucherkerzen oder Schwamm gerathen in Flammen; der Schwefel brennt in ihr mit einem hellen röthlichen Feuer. Ja sogar einen dünnen Eisendrath und die besten englischen Uhrfedern kann man in ihr wie Bindfaden verbrennen. Man befestigt nehmlich an das Ende des Draths oder der Stahlfeder ein Stückchen Schwamm, zündet es an, und bringt es so in eine dazu eingerichtete Glocke mit dephlogistisirter Luft. Der Schwamm geräth in Flammen, und zündet den Stahl an, der alsdann mit einer großen Schnelligkeit und unter einem bestän-

digen Funkensprühen abbrennt. Eines der glänzendsten Schauspiele aber erhält man, wenn man ein Stückchen Phosphor darin verbrennt. Die ganze Glocke wird dabey mit einer so blendend weißen Flamme erfüllt, daß die Augen kaum im Stande sind, ihren Glanz zu ertragen.

Je stärker indessen die Flamme in dieser Luftart ist, desto schneller werden auch die Körper dadurch zerstört. Ein Licht brennt zwar ungleich heller darin, als in der gemeinen Luft, es verzehrt sich aber auch viel geschwinder. Ingleichen wird ihr Volumen durch das Verbrennen und durch das Athmen viel mehr vermindert, als das Volumen der gemeinen Luft. Wenn Sie bey den in dem vorigen Briefe beschriebenen Versuchen die Glocke mit dephlogistisirter Luft, anstatt der atmosphärischen, füllen, so werden Sie finden, daß das Wasser am Ende viel höher in dieselbe hinauf tritt.

Beynahe aber hätte ich es vergessen, Ihnen zu sagen, wie man es anzufangen habe, um die dephlogistisirte Luft, aus den Flaschen, worin sie aufbewahrt ist, in die Glocken oder in andere Gefäße zu bringen.

Hierzu wird vornehmlich eine Wanne erfordert, die man wohl die Priestleysche Wanne zu nennen pflegt. Sie besteht in einem gewöhnlichen, etwas tiefen Faß, ABCD (Fig. 38) in welchem oben

an der einen Seite, ungefähr drey Finger breit vom Rande, ein Bret, egf, befestigt wird, das etwa ein Drittel der Weite des Fasses einnimmt. Durch das Bret sind ein oder ein paar Löcher, h, i, gebohrt, die an der untern Seite mit kleinen Trichtern versehen sind. Soll eine Glocke mit irgend einer Luftart gefüllt werden, so gießt man so viel Wasser in das Faß, daß das Bret einen guten halben Zoll damit bedeckt wird. Darauf wird die Glocke so untergetaucht, daß sie sich ganz mit Wasser füllt, und nicht die geringste Luftblase in ihr zurückbleibt; alsdann zieht man sie behutsam wieder herauf, doch so, daß ihre Oeffnung unterwärts gekehrt ist, und der Rand immer unter der Oberfläche des Wassers bleibt, damit kein Wasser aus ihr eher herausfließe, und keine atmosphärische Luft hineindringe. So wird sie auf das Bret über eines von den Löchern geschoben. Ist dieses geschehen, so nimmt man die Flasche mit der Luft, hält sie mit dem Hals unter das Wasser, öffnet sie und bringt die Mündung an den Trichter des Loches, über dem die Glocke steht. Die Luftblasen steigen dann in die Höhe, und füllen die Glocke nach und nach an; die Flasche aber wird dafür mit Wasser angefüllt. An die Stelle der Glocke kann man ein jedes andere Gefäß bringen, nur muß man immer dar-

auf sehen, daß der Rand desselben genau an das Bret anschließe, damit die Luft nicht zur Seite davon gehe.

Zweyhundert und sechster Brief.

Da das Feuer durch die dephlogistisirte Luft so sehr verstärkt wird, so gerieth man bald auf den Gedanken, sie bey solchen Operationen anzuwenden, wozu ein sehr hoher Grad der Hitze erforderlich ist. Nimmt man z. B. eine kupferne Kugel mit einer spitzig zulaufenden Röhre, die mit einem luftfesten Hahn versehen ist, condensirt darin die dephlogistisirte Luft, und läßt sie dann durch das Rohr auf eine brennende Lampe blasen: so erhält man einen Feuerstrahl, dessen Wirkung der Wirkung der größten Brennspiegel beynahe gleich ist. Oder kürzer: Man nehme eine Blase mit dephlogistisirter Luft, und binde an den Hals derselben eine Röhre, die sich in eine feine Spitze endigt. Darauf halte man die Oeffnung der Röhre gegen die Flamme eines Lichts, und drücke die Blase so, daß die herausströmende Luft die Flamme in horizontaler Richtung forttreibt: so erhält man ebenfalls einen Strahl, durch den man Glas und Metall in kurzer Zeit schmelzen, und selbst die Körner der Platina zum Fluß bringen kann.

Noch wichtiger aber ist der Gebrauch, der sich von dieser Luft für den menschlichen Körper machen läßt. Mehrere Physiker, z. B. Priestley, Fontana, Ingenhouß, haben den Versuch gemacht, sie einzuathmen, und sie versichern, daß es allezeit eine sehr gute Wirkung auf ihren Körper gehabt, und ihnen eine angenehme Empfindung verursacht habe, die sich mit Worten nicht beschreiben lasse. Der letztere erinnert besonders, daß er sich an einem Tage, wo er diese Luft in beträchtlicher Menge geathmet, sehr wohl befunden, einen größern Appetit als gewöhnlich gehabt, und die Nacht darauf viel ruhiger geschlafen hätte. Es war also kein Zweifel, daß sie auch in manchen Krankheiten von großem Nutzen seyn würde. Man weiß ja, wie wohlthätig schon für die meisten Patienten eine frische Luft ist, von der doch immer der größte Theil in einer dem Körper schädlichen Luftart besteht; wie viel heilsamer muß also nicht eine ganz reine Luft seyn! Auch hat man in der That schon verschiedene Proben gemacht, die den Erwartungen vollkommen Gnüge geleistet haben. Besonders hat man gefunden, daß sie bey Engbrüstigkeit und bey Lungenkrankheiten vortreflich sey; und bey Personen, die durch schädliche Luftarten bis zur Ohnmacht erstickt sind, ist es eines der besten Rettungsmittel, ihnen dephlogistisirte Luft einzublasen. Inzwischen gibt es auch Fälle, wo sie

mit vieler Vorsicht angewandt werden muß, wo sie, wie eine Arzeney, in einem gewissen Maaße gebraucht, heilsam, in größerer Menge aber schädlich, ja tödtlich werden kann. Dieß wird Ihnen begreiflich seyn, wenn ich Ihnen die Wirkungen des Athmens und den Ursprung der thierischen Wärme werde erklärt haben.

Merkwürdig ist die Entdeckung, daß sich diese für den menschlichen und thierischen Körper so wohlthätige Luft ohne Unterlaß aus den Pflanzen entwikkelt, so lange diese dem Sonnenschein ausgesetzt sind. Wenn Sie Blätter von einerley oder von verschiedener Art in eine umgestürzte und mit Wasser gefüllte Glocke thun, und sie in die Sonne stellen, so werden Sie bald eine Menge Luftblasen, vornehmlich an ihrer untern Seite, zum Vorschein kommen sehen, die sich zum Theil in dem obern Raum der Glocke sammeln. Denenjenigen, die zu klein sind, um sich von ihren Blättern loszureißen, dürfen Sie nur mit einem gebogenen Drath zu Hülfe kommen: so können Sie nach und nach ohne große Beschwerde Luft genug zusammenbringen, um ein kleines Gefäß damit zu füllen. Diese Luft ist dephlogistisirt, und nicht selten von vorzüglicher Güte. Halten Sie z. B. ein glimmendes Stückchen Papier in das Gefäß, so wird es sich den Augenblick entzünden.

Das

Das Sonnenlicht ist aber zu dieser Entwickelung unentbehrlich. Die bloße Wärme kann seine Stelle nicht ersetzen. Ja ohne Sonnenlicht hört nicht nur die Wirkung auf, sondern es erfolgt gerade eine entgegengesetzte: es entwickelt sich alsdann eine irrespirable, dem thierischen Leben nachtheilige Luft, nehmlich die phlogistisirte. Nach Sonnenuntergang also hauchen die Pflanzen die letztere Luftart aus; jedoch in viel geringerer Quantität, als die erstere am Tage. Herr Ingenhouß, der die meisten und schätzbarsten Versuche über diesen Gegenstand angestellt hat, bemerkt, daß sich in einer ganzen Nacht kaum der hundertste Theil so viel phlogistische Luft aus einer Pflanze entwickelt, als an einem schönen Sommertage in ein paar Stunden dephlogistische. Da nun die letztere derjenige Bestandtheil ist, der unsere Atmosphäre zu einer respirabeln Luft macht, so kann man das ganze Pflanzenreich als die Werkstätte betrachten, worin die Natur die atmosphärische Luft, die durch das Athmen, Verbrennen und andre Ereignisse beständig verschlimmert und zur Erhaltung des Lebens untauglich gemacht wird, eben so ohne Unterlaß wieder verbessert. Wenn wir daher im Sommer unter einen Baum treten oder in einem Gebüsch wandeln, so ist es nicht blos der Schatten, der uns erquickt, sondern zugleich die reinere Luft, die wir hier athmen. Hr. Ingenhouß

brachte Pflanzen unter eine Glocke, wo nur eben ein Thier gestorben war, und die Luft wurde dadurch in kurzer Zeit so verbessert, daß sie füglich wieder geathmet werden konnte.

Nicht alle Pflanzen aber besitzen diese heilsame Kraft in gleichem Grade; auch nicht etwa diejenigen vorzüglich, die sich durch die Annehmlichkeit des Geruchs oder durch die Schönheit der Farben am meisten empfehlen, oder die sonst als wahrhafte und gesunde Kräuter bekannt sind. So geben z. B. der Hyoscyamus, der Nachtschatten, die stinkende Melde, der Schierling — lauter schädliche Pflanzen — eine sehr gute dephlogistisirte Luft. Am besten erhielt sie Hr. Ingenhouß aus einigen Wasserpflanzen, und aus dem grünen Schlamm, der sich gern an die Wände der Wasserbehälter anzusetzen pflegt.

Eben so wenig sind alle Theile einer Pflanze zur Bereitung der dephlogistisirten oder zur Verbesserung der gemeinen Luft gleich geschickt. Nur die grünen Blätter und Stengel taugen dazu; durch die Blüthen und Früchte aber wird die Luft verdorben. Priestley setzte eine Rose, die in voller Blüthe stand, unter eine Glocke mit atmosphärischer Luft; und den Tag darauf fand er die Luft so verdorben, daß sie zur Respiration ganz untüchtig war; die Rose schien dabey von ihrer Schönheit und ihrem Geruch nichts verloren zu haben.

Hieraus werden Sie einsehen, warum es so gefährlich ist, in seiner Wohn- oder Schlafstube viel frische Blumen zu haben. Dagegen würde ich Ihnen rathen, Pflanzen, die viel Laub und verhältnismäßig wenig Blüthen haben, in Ihrem Zimmer in den Sonnenschein zu stellen, und sie wieder hinauszuschaffen, wenn die Sonne weg ist.

Ausser dem Pflanzenreiche hat die Natur noch für andere Mittel zur Reinigung der Luft gesorgt. Dahin gehören zuerst die Winde, wodurch die schädlichen Dünste und Luftarten zerstreut, mit einer bessern Luft vermischt und weniger schädlich gemacht werden. Ferner dient dazu der große Ozean und alle bewegten Gewäßer. Denn man hat beobachtet, daß eine verdorbene Luft beträchtlich verbessert wird, wenn man sie mit Wasser zusammenschüttelt. In der Natur aber scheinen besonders die Stürme dieses Zusammenschütteln zu bewirken. Auch haben unmittelbare Versuche gelehrt, daß die Seeluft von einer bessern Beschaffenheit, als die Landluft ist.

Es muß also auch der Regen, schon in so fern als er ein Wasser ist, das mit der Luft in so vielen Punkten in Berührung kommt, zur Reinigung der Luft beytragen. Vielleicht aber thut er dieß noch mehr durch seine Entstehung selbst; vielleicht wird er eben aus demjenigen Theil der Luft gebildet, der sie zum Athmen untauglich macht. Wenigstens ist

es eine bekannte Sache, daß uns die Luft im Sommer nach einem Regen oft viel leichter und angenehmer dünkt, als vor demselben. Doch ist die Entstehung des Regens noch zu sehr in Dunkel gehüllt, als daß wir mit Gewißheit etwas darüber behaupten könnten.

Im Winter endlich, wenn Bäume und Pflanzen erstarrt sind, ist noch die Kälte als ein vortreffliches, obgleich nur negatives, Reinigungsmittel der Luft anzusehen. Denn sie verhindert die Fäulniß, die eine der vornehmsten Quellen der Verunreinigung der Luft ist; und daher findet man auch die Luft im Winter, wenn es kalt und heiter ist, gewöhnlich reiner und gesünder, als im Sommer.

Zweyhundert und siebenter Brief.

Sie haben aus den beyden letzten Briefen gesehen, was für eine merkwürdige und heilsame Luftart die dephlogistisirte Luft ist. Mit Recht verdient sie den Namen der Lebensluft, da wir ohne sie nicht athmen und leben können; und mit eben so großem Recht kann man sie die Feuerluft nennen, da ohne sie kein Feuer brennt.

Auch hat es gewiß Ihre ganze Aufmerksamkeit erregt, daß die Luft in eben dem Grade zur Erhaltung des thierischen Lebens geschickt ist, in welcher sie zur Ernährung der Flamme taugt; und daß durch das Athmen, wie durch das Verbrennen, gleiche Veränderungen in ihr hervorgebracht werden. Dieß wird Sie auf die Vermuthung leiten, daß zwischen dem Athmen und dem Verbrennen wohl eine gewisse Aehnlichkeit statt finden möchte, so verschieden auch beyde Prozesse zu seyn scheinen; — und so verhält es sich auch in der That, wie Sie in der Folge deutlicher einsehen werden.

Ich habe schon bemerkt, daß die dephlogistisirte Luft eigentlich nur allein die Klasse der einathmungsfähigen Luftarten ausmacht, und daß die andern Luftarten nur dadurch respirabel werden, wenn sie mit ihr in einem gewissen Verhältniß gemischt sind. Allein eine solche Mischung ist nicht als eine eigene Luftart anzusehen, und in einem Verzeichniß der verschiedenen Luftarten besonders aufzuführen. Mit der athmosphärischen Luft pflegt man blos deßwegen eine Ausnahme zu machen, weil sie dasjenige Gemische ausmacht, das in der Natur in so ungeheurer Menge vorhanden ist, worin wir selbst leben, und das uns am ersten einfallen muß, so bald von Luft

die Rede ist. Und doch ist es auch noch eine Frage, ob sie wirklich ein bloßes mechanisches Gemisch, oder ein aus den Bestandtheilen der obengenannten Luftarten zusammengesetztes Ganzes sey.

Wir gehen also jetzt zur zweyten Hauptklasse der Luftgattungen, zu den irrespirabeln oder mephitischen fort, deren Anzahl ziemlich beträchtlich ist. Man hat bisher ungefähr zwölf verschiedene Arten derselben entdeckt, und es könnte wohl seyn, daß man mit der Zeit noch mehr entdecken werde, da es etwa erst zwanzig Jahre sind, daß man auf ihre Untersuchung und Nachforschung einen rechten Fleiß wendet. Vielleicht wird aber dafür auch manche andere wegfallen, die man jetzt als eine besondere Luftart ansieht. Ich schränke mich hier darauf ein, Sie nur mit einigen, die mir am merkwürdigsten scheinen, bekannt zu machen.

Eine von diesen werden Sie zum Theil schon aus dem Bishergesagten kennen. Sie werden sich erinnern, daß sowohl die gemeine athmosphärische, als die dephlogistisirte Luft durch das Verbrennen und durch das Athmen so verändert werden, daß in ihnen kein Feuer mehr brennen und kein Thier mehr leben kann, und daß sie alsdann einen kleinern Raum als zuvor einnehmen. Gleichwohl ist dieser Ueberrest immer noch Luft, das heißt, ein elastisches flüssiges Wesen, das durch Kälte und Wärme zwar

in seinem Umfang, aber nicht in seiner Natur verändert wird, und das sich in gläserne Gefäße einschließen läßt — aber es ist weder atmosphärische noch dephlogistisirte Luft mehr, sondern man nennt es nunmehr phlogistische oder phlogistisirte Luft. Es ist eben die Gasart, von der ich Ihnen gesagt habe, daß sie beynahe drey Viertel unserer Atmosphäre ausmacht; und deßwegen verdient sie wohl, daß ich von ihr zuerst spreche.

Ich muß aber gestehen, daß ich gerade am wenigsten von ihr zu sagen weiß. Von ihrer Natur selbst ist noch sehr wenig bekannt. Einige sind der Meinung, daß sie nichts anders, als eine reine Luft sey, die mit einem gewissen Stoff erfüllt wäre, den sie den Brennstoff oder das Phlogiston nennen, und der sich aus den brennenden Körpern, oder bey dem Athmen aus dem Blut, entwickeln soll. Daher hat sie auch den Namen phlogistisirte, d. i. mit Phlogiston überladene, Luft bekommen, so wie die dephlogistisirte eine vom Phlogiston befreyte Luft seyn soll. Andere dagegen nehmen an, daß sie eine eigene von der reinen ganz verschiedene Luftart ausmache, und aus einem besondern Stoff, dem Stickstoff oder Salpeterstoff (azote) bestehe; und daher nennen sie sie Stickluft.

Man erhält sie am leichtesten auf die vorhin gedachte Weise aus der atmosphärischen Luft, wenn

man ein Licht oder eine Kohle darin ausgehen oder ein Thier in ihr sterben läßt — Doch ist sie alsdann nie ganz rein, sondern mehr oder weniger mit fixer Luft vermischt — ferner, wenn man Früchte oder Blumen unter eine Glocke mit gemeiner Luft sperrt, und sogar wenn man Schrot oder gehaktes Bley in verschlossenen Gefäßen schüttelt. Es giebt aber auch Mittel, sie, wie andere Luftarten, durch chemische Prozesse unmittelbar zu bereiten.

Von Natur entwickelt sie sich, nach den Beobachtungen des Hrn. Ingenhouß, zur Nachtzeit aus den Pflanzen, und im Sonnenschein aus den meisten Früchten. Derselbe vortrefliche Naturforscher war auch ehemals der Meinung, daß sie dem Wachsthum der Pflanzen sehr günstig wäre, aber neuerlich hat er diese Meinung zurückgenommen.

Hr. Bertholet hat gefunden, daß sie in den Schwimmblasen der Karpfen enthalten sey. Sehr wahrscheinlich befindet sie sich öfters in Gruben und verschlossenen Gewölben — mehrentheils mit andern mephitischen Luftarten vermischt — da die Natur so vielerley Mittel und Wege hat, die gemeine Luft in phlogistische zu verwandeln. Man muß daher sehr vorsichtig seyn, wenn man genöthigt ist, an solche Oerter hinzugehen. Die sicherste Probe, ob die Luft daselbst noch ohne Gefahr geathmet werden kann, ist die, daß man ein Licht hinabläßt, oder

an einem langen Stock hineinhält, und beobachtet, wie sich die Flamme darin verhalte; brennt sie dunkel, so darf man sich wenigstens nicht lange an dem Ort aufhalten; geht sie gar aus, so muß man schlechterdings nicht hineingehen, weil die Luft alsdann im hohen Grade verdorben und dem Leben nachtheilig ist. Das einfachste Mittel, sie zu verbessern, oder vielmehr wegzuschaffen, wäre ein Luftzug. Wo sich dieser aber nicht anbringen läßt, muß man den Eingang eine Zeitlang offen erhalten; denn da die phlogistische Luft spezifisch leichter als die atmosphärische ist, so wird sie alsdann von der letztern nach und nach verdrängt werden.

Zuletzt muß ich noch erwähnen, daß Hr. Cavendish in England die Entdeckung gemacht hat, daß, wenn man durch ein Gemisch von sieben Theilen dephlogistisirter und drey Theilen phlogistisirter Luft elektrische Funken gehen läßt, eine wahre Salpetersäure daraus entstehe. Dieser Versuch ist für die Theorie dieser Luftart höchst wichtig; allein da die Folgerungen, die die verschiedenen Partheyen der Physiker daraus gezogen haben, noch streitig sind, so glaube ich, wird es Ihnen am liebsten seyn, wenn ich ganz davon schweige.

Zweyhundert und achter Brief.

Sie kennen nunmehr diejenigen Luftarten, welche die vornehmsten Bestandtheile der atmosphärischen Luft ausmachen; ich meine die phlogistisirte und dephlogistisirte. Außer diesen beyden aber gibt es noch eine dritte, die wir ebenfalls, wenn gleich verhältnismäßig nur in geringer Menge, in unserer Atmosphäre antreffen; das ist die fixe Luft, von der ich Sie diesesmal unterhalten will.

Diese Luftart erzeugt sich bey so vielen Gelegenheiten, daß man sie unter allen wohl am ersten bemerken mußte, und daß es nur zu verwundern ist, wie ihre Eigenschaften so lange ununtersucht und unbekannt bleiben konnten. Man nannte sie fixe Luft, weil man keine andere Eigenschaft an ihr kannte, als daß sie, vor ihrer Entwickelung, in den Körpern fest oder gebunden wäre. Dieß ist aber mit allen künstlichen Luftarten der Fall, und diese sollte daher nicht vorzugsweise so genannt werden. Priestley aber, dem wir die vorzüglichsten Entdeckungen in diesem Theil der Physik verdanken, hat ihr diesen Namen gelassen, weil es ihm mehr darum zu thun war, ihre Eigenschaften, als ihren Namen zu bestimmen. Doch hat man auch noch eine Menge anderer Benennungen für sie erfunden, worunter die der Luftsäure vielleicht am passendsten ist,

weil sie, wie Sie sehen werden, eine wahre Säure in Luftgestalt ist.

Man kann sich dieses Gas sehr leicht bereiten, wenn man eine verdünnte Säure, z. B. Scheidewasser oder Vitriolöl mit Wasser vermischt, auf rohen Kalk, Kreide, kalzinirte Muschelschaalen, zerstoßenen Marmor, Pottasche, oder andere alkalische Erden oder Salze gießt. Der dazu erforderliche Apparat ist sehr einfach, und die Bereitung nicht mit der geringsten Gefahr verbunden. Man nimmt eine gläserne Flasche von der Art, wie ED (Fig. 39). es vorstellt. Diese hat zwey Oeffnungen F und E, die beyde mit einem genau passenden Korkstöpsel verwahrt seyn müssen. Der Stöpsel, der die Oeffnung E verschließt, wird mitten der Länge nach durchbohrt, so daß die krumme Röhre EG gerade hinein paßt. AB ist ein kleines Fäßchen mit Wasser, und C eine mit Wasser gefüllte Bouteille, die auf dem Bret m n ruht — gerade so wie bey dem oben beschriebenen Apparat zur Bereitung der dephlogistisirten Luft. In die Flasche ED thut man durch die Oeffnung F die zerstoßene Kreide, und gießt die verdünnte Säure darauf, oder besser, man schüttet erst so viel Wasser darüber, daß die Kreide eben bedeckt wird, und gießt alsdann die bloße Säure hinzu. Sogleich erhebt sich ein Dampf mit einem Brausen, und wenn man die Oeffnung schnell wieder ver-

stopft, so bringt die Luft durch die Röhre und steigt in Blasen in der Bouteille in die Höhe. Es ist gut, die Oeffnung E noch mit Baumwachs oder einem andern Kütt zu verstreichen, damit keine Luft zur Seite entwischen kann. Werden die Luftblasen seltner, oder bleiben sie gar aus, so rüttelt man die Flasche ein wenig, oder rührt die darin befindliche Masse mit einem Stäbchen um, oder thut endlich von neuem etwas von den Ingredienzien dazu — das alles muß die Uebung am besten lehren.

Die fixe Luft wird auch durch das Feuer aus dem Kalk getrieben; und darin besteht eben der Unterschied zwischen dem rohen und dem gebrannten oder lebendigen Kalk, daß jener noch mit der Luftsäure verbunden, dieser aber derselben beraubt ist.

Ferner entwickelt sie sich bey allen Gährungen, besonders von Wein und Bier. Ueber den Braupfannen, wenn das Gebräude in Gährung geräth, liegt gemeiniglich eine 9 bis 12 Linien, und bisweilen ein paar Fuß, hohe Schichte fixer Luft. Alsdann darf man nur eine leere Flasche mit aufwärts gekehrter Oeffnung in diese Schicht hineinsenken, so füllt sie sich von selbst mit fixer Luft an. Denn es ist eine der ersten Eigenschaften, die wir bey dieser Luftart bemerken, daß sie eine größere spezifische Schwere als die gemeine Luft hat. Das Verhält-

niß ist wie 3 zu 2, das heißt, eine gewisse Quantität gemeiner Luft wiegt ein Drittel weniger, als eine dem Inhalte nach eben so große Quantität fixer. Die letztere fällt daher in der erstern zu Boden. Wenn wir also eine Bouteille auf die eben beschriebene Art in eine Schicht fixer Luft halten, so dringt diese, vermöge ihrer Schwere, hinein und treibt die leichtere atmosphärische Luft heraus.

Die Schwere der fixen Luft macht, daß man sie fast so gut wie Wasser aus einem Gefäß in ein anderes gießen kann, und dieß hat zu manchen artigen Versuchen Anlaß gegeben. Setzt man z. B. in ein Glas eine brennende Lampe oder eine lebendige Maus, und gießt aus einem andern Glase fixe Luft darüber: so wird das Licht den Augenblick ausgehen und das Thier in wenig Sekunden sterben. Gleichwohl scheint das Glas leer zu seyn, der Zuschauer sieht auch nichts herausfließen, und muß also über die unerwartete Wirkung nicht wenig betroffen werden.

Mit dem Wasser vermischt sich diese Luft leicht, besonders wenn sie damit geschüttelt wird. Sie ertheilt ihm einen säuerlichen Geschmack, und gibt sich eben dadurch als eine Säure zu erkennen. Es mangeln ihr aber auch die andern charakteristischen Eigenschaften der Säuren nicht. Alle Säuren färben die Lakmustinktur roth; dasselbe thut auch die

fixe Luft. Füllt man ein Glas mit dieser Tinktur, und läßt nur wenig fixe Luft dazu, so wird man gleich beym Emporsteigen der Luftblasen wahrnehmen können, wie sich das Violett in ein dunkles Roth verwandelt. Fängt man aber an das Gefäß zu schütteln, und thut nach und nach immer mehr Luftsäure hinzu, so wird auch das Roth bis zu einem gewissen Grad immer heller. In der freyen Luft trennt sie sich allmählig wieder von dem Wasser, und daher stellt sich die Farbe einer solchen Tinktur, wenn sie an die Luft gesetzt wird, nach einiger Zeit von selbst wieder her.

Ferner verbindet sie sich, wie andere Säuren, mit den alkalischen Salzen und Erden, und macht mit ihnen Neutralsalze, die jedoch mehr unter dem Namen der milden alkalischen Salze bekannt sind. Auch habe ich schon vorhin gesagt, daß sie in dem rohen oder ungebrannten Kalk vorhanden ist. Durch Feuer kann sie daraus vertrieben werden, und dann erhält man einen gebrannten oder lebendigen Kalk. Dieser läßt sich, wiewohl nur schwer, im Wasser auflösen; und eine solche Auflösung nennt man Kalkwasser. Es ist so hell und klar, wie das reinste Wasser, hat aber einen scharfen, ätzenden Geschmack. Durch die fixe Luft wird der Kalk wieder daraus abgesondert oder niedergeschlagen, und das Wasser dadurch trübe gemacht. Der Kalk

verbindet sich nehmlich mit der fixen Luft und wird wieder zum rohen Kalk. Der rohe Kalk aber löst sich nicht im Wasser auf, und fällt folglich darin zu Boden. Fährt man indessen fort, dem Wasser fixe Luft zuzusetzen, so wird es dadurch zu einer Säure, die stark genug ist, den rohen Kalk aufzulösen, und dann wird es wieder klar. Man erhält also durch die Verbindung der fixen Luft mit dem Kalkwasser abwechselnd aus einem klaren ein trübes, und aus einem trüben ein klares Wasser.

Wird das Kalkwasser der freyen Luft ausgesetzt, so bildet sich nach und nach auf der Oberfläche desselben ein feines Häutchen, der sogenannte Kalkrahm — der nichts anders, als ein roher Kalk ist. Ingleichen wird der gebrannte Kalk an der freyen Luft nach einiger Zeit in einen rohen, so wie das ätzende Laugensalz in ein mildes verwandelt, zum Beweis, daß sich fixe Luft damit verbunden hat. Diese kann nirgends anders, als aus der Atmosphäre hergekommen seyn. Man sieht daher diese Verwandlung als einen Hauptbeweis an, daß fixe Luft in der Atmosphäre vorhanden sey.

Mehr von dieser merkwürdigen Luftart das nächstemal.

Zweyhundert und neunter Brief.

Die fixe Luft, in der ein Licht fast so schnell wie im Wasser erlischt, und Thiere plötzlich ersticken, findet sich von Natur öfters in tiefen Hölen, Gruben, Gewölben, wie die phlogistische, und gemeiniglich mit dieser in Verbindung. Man muß sich deswegen hüten, solche Oerter zu besuchen, ohne die mephitische Luft vorher wegzuschaffen. Ein Luftzug, der unstreitig das beste Mittel hierzu wäre, läßt sich nicht immer zu Wege bringen; und wenn man auch von oben her eine Oeffnung machen kann, so wird sich zwar die phlogistische Luft, wegen ihrer Leichtigkeit, nach und nach in die Atmosphäre erheben, die fixe aber wegen ihrer Schwere zurückbleiben. Man hat daher den Rath gegeben, gebrannten oder ungelöschten Kalk in solche Gruben zu schütten, und Sie werden leicht einsehen, was dieser bewirken soll. Wegen seiner großen Verwandschaft zur fixen Luft, wird er sie in sich aufnehmen und sich mit ihr zu einem rohen Kalk verbinden. Auf diese Art wird sie verschwinden, und die atmosphärische Luft ihre Stelle einnehmen. Ueberdieß hat der gebrannte Kalk noch die Eigenschaft, vegetabilische und animalische Substanzen in kurzer Zeit zu zerstören. Daher werden Sie öfters gehört haben, daß man ihn in solche Gräber zu werfen pflegt,

wo viele Todte zusammenverscharrt werden, um zu verhüten, daß die Leichname nicht nach und nach in Fäulniß übergehen, und die Luft mit schädlichen Dünsten und Luftarten erfüllen. Er wird also auch die in jenen Gruben faulenden oder gährenden Stoffe, aus denen sich die mephitischen Luftarten entwikkeln, verzehren, und so den Quell des Uebels selbst vernichten.

An manchen Orten aber steigt die fixe Luft entweder ununterbrochen oder zu gewissen Zeiten, so häufig aus der Erde hervor, daß alle künstlichen Mittel nicht hinreichen, sie wegzuschaffen. Berühmt ist in dieser Rücksicht vornehmlich die Hundsgrotte in Italien, unweit Neapel. Dieß ist eine Höle von ungefähr 14 Schuh in der Länge, über deren Boden beständig eine Schicht von fixer Luft ruht, die aus den Spalten der Höle hervordringt. Hält man daher ein Licht unfern von dem Boden, so geht es aus; oder drückt man einen Hund mit dem Kopf gegen die Erde, so fällt er bald ohnmächtig um, und stirbt, wenn man ihn nicht geschwind genug wieder an die freye Luft bringt — ein Versuch, von dem die Höle ihren Namen haben soll.

Die tödtende Kraft der Luftsäure erstreckt sich nicht blos auf die warmblütigen, sondern auch auf die kaltblütigen Thiere. Fische sterben in einem Wasser, das mit ihr angeschwängert ist. Nicht minder

ist sie dem vegetabilischen Leben nachtheilig. Priestley brachte die frischesten Pflanzen in Gefäße mit fixer Luft, sie starben aber sehr bald ab, und ihre Blätter und Stengel wurden schwärzlich. Selbst wenn er sieben Theile gemeiner Luft mit einem Theil fixer vermischte, gingen sie doch nach wenig Tagen zu Grunde.

Dem allen ungeachtet ist diese Luftart nicht so durchaus schädlich, daß sie uns nicht noch mannichfaltigen Nutzen gewähren sollte. Ihre Säure macht sie zu einem vortreflichen Mittel gegen die Fäulniß. Früchte lassen sich lange Zeit in ihr aufbewahren; und selbst Fleisch kann man im Sommer zehn und mehrere Tage lang so frisch und gut, als es gleich nach dem Schlachten ist, erhalten; wenn man es täglich zwey bis dreymal in Wasser, das mit fixer Luft imprägnirt ist, wäscht.

Ferner ist sie im Wein, im Bier, und selbst im gemeinen Brunnenwasser enthalten, und durch sie werden diese Getränke eben so pikant und erfrischend. Haben sie ihre fixe Luft verloren, so sind sie geschmacklos, schal und matt; sie bekommen aber ihren guten Geschmack wieder, wenn man von neuem fixe Luft mit ihnen verbindet.

Die Sauerbrunnen verdanken ihren angenehmen und säuerlichen Geschmack, und selbst einen Theil ihrer medicinischen Kräfte, gleichfalls der Luftsäure. Sie kann

also, so gut wie die dephlogistisirte Luft, als eine wahre Arzeney betrachtet werden — zumal da sie auch in manchen Krankheiten, unvermischt gebraucht, von vorzüglicher Wirkung seyn soll. Man kennt gegenwärtig die meisten Gesundbrunnen nach ihren Bestandtheilen, und hat es daher mit dem bestem Erfolg versucht, sie durch die Kunst nachzuahmen, seitdem man die Bereitung der fixen Luft versteht — eine Sache, die für die Arzneykunde von Wichtigkeit ist, da die natürlichen mineralischen Wasser nicht an jedem Ort und zu jeder Zeit zu haben sind, und man obendrein auf diese Art die Menge der Luftsäure und der andern Ingredienzien nach Gefallen vergrößern oder vermindern kann.

Zur Anschwängerung des Wassers mit fixer Luft hat man jetzt mancherley Maschinen; eine der bekanntesten darunter ist die Parkerische.

Sie besteht aus drey gläsernen Gefäßen, A, B, C, (Fig. 40.) die so zusammen gesetzt werden, wie es die Figur zeigt, und luftdicht in einander schließen. Die untere Oeffnung des mittlern Gefäßes, B, ist mit einem gläsernen Ventil verschlossen, so daß eine elastische Flüssigkeit zwar aus A nach B, aber nicht rückwärts kommen kann. Die Oeffnungen a, b, c sind durch gläserne Stöpsel ebenfalls luftdicht verwahrt, doch ist der oberste Stöpsel c so gemacht, daß er bey einer etwas starken Zusammenpressung

der Luft leicht nachgiebt. In das untere Gefäß A schüttet man Kreide mit Wasser vermischt, zur Bereitung der Luft; und in das zweyte B, wird das Wasser gethan, das mit der Luftsäure geschwängert werden soll. Gießt man darauf durch a die Säure auf die Kreide, und verschließt die Oeffnung gleich wieder, so steigt die sich entwickelnde Luft durch das Ventil, dringt in das Wasser, und verbindet sich zum Theil mit ihm, zum Theil sammelt sie sich über demselben an, und macht durch ihren Druck, daß etwas von dem Wasser aus B nach C steigt. Die in diesem Gefäß befindliche atmosphärische Luft wird komprimirt, drückt also wieder auf das Wasser, und befördert dadurch die Verbindung der Luftsäure mit demselben. Noch mehr geschieht dieß, wenn man den ganzen Apparat von Zeit zu Zeit vorsichtig schüttelt. Ist das Wasser hinreichend gesäuert, so läßt man es durch b ab, und gießt durch c neues hinzu; ingleichen schüttet man durch a, wenn es nöthig ist, neue Materialien in das untere Gefäß, oder rührt die darin befindlichen um.

Zweyhundert und zehnter Brief.

Eine andere nicht weniger merkwürdige Luftart ist die entzündbare oder brennbare Luft, die man nicht mit der Feuerluft verwechseln darf. Die leztere ist, wie Sie wissen, einerley mit der dephlogistisirten Luft, die fast als das Gegentheil von der erstern angesehen werden könnte: diese, die Feuerluft, ist zwar zur Entstehung und Fortdauer des Feuers unentbehrlich, brennt aber selbst nicht; jene, die brennbare, ist zur Erhaltung des Feuers ganz untauglich, kann aber selbst in Brand gesetzt werden.

Es giebt mehrere mephitische Luftarten, die diese Eigenschaft mit einander gemein haben, daß sie sich unter gewissen Umständen entzünden; diejenige aber, die ich hier meine, pflegt vorzugsweise brennbare, auch gemeine brennbare Luft genannt zu werden. Die Bereitung derselben ist nicht mehr beschwerlich, als die der fixen Luft. Man bedient sich dazu des nehmlichen Apparats, nur muß man in die Flasche, anstatt der Kalkerde, ein Metall, am besten Eisen oder Zink thun, und zum Aufguß eine verdünnte Vitriol- oder Salzsäure nehmen. Andere Säuren sind nicht so wirksam, und die Salpetersäure darf gar nicht gebraucht werden, weil sonst eine ganz andre Luftart entstehen würde.

Außer diesem hat man noch viele andere Mittel, brennbare Luft zu bereiten. Man erhält sie eben so wohl aus vegetabilischen und animalischen, als aus mineralischen Stoffen; doch ist sie nicht in allen Fällen von gleicher Güte und Beschaffenheit. Allein mir ist es mehr darum zu thun, Sie mit ihren mannigfaltigen Eigenschaften, als mit den verschiedenen Methoden, sie zu entwickeln, bekannt zu machen.

Eine Eigenschaft, die bey ihr gleich zuerst bemerklich wird, und die sie mit allen entzündbaren Gasarten gemein hat, ist ihr sehr unangenehmer Geruch, der alsdann am widrigsten ist, wenn man sie aus animalischen Substanzen bereitet hat. Sie hat ferner eine viel geringere spezifische Schwere, als die gemeine Luft, so wie sie überhaupt unter allen Luftarten, die wir kennen, die leichteste ist. Man schätzt sie, wenn sie gut ist, auf zwölfmal leichter, als die gemeine. Sie steigt daher in der letztern sehr schnell in die Höhe. Hat man also eine Flasche mit brennbarer Luft, so darf man ihre Mündung nicht, wie bey der fixen, aufwärts kehren, sonst würde alles heraus laufen; sondern hier muß man, um nichts zu vergießen, das Gefäß verkehrt halten.

Es wird Ihnen paradox vorkommen, daß die brennbare Luft sich entzünden lassen und doch nicht

nicht zur Erhaltung des Feuers geschickt seyn soll. Sie wissen aber, daß in keiner mephitischen Luftart ein Feuer brennen, so wenig als ein Thier athmen kann; und diese tödtet ein Thier sehr schnell; es läßt sich also schon daraus schließen, daß sie eben so geschwind ein Licht auslöschen werde. — Die Sache verhält sich folgendermaßen: Wenn Sie ein Glas mit brennbarer Luft nehmen, und bringen einen brennenden Wachsstock etwas schnell in die Mitte hinein, so wird die Flamme den Augenblick ausgehen. Halten Sie ihn aber dicht unter die Oeffnung des Glases, ungefähr an der Grenze, wo die brennbare und atmosphärische Luft zusammenstoßen, so wird jene sich entzünden und langsam fortbrennen. Die Flamme wird in dem Glase immer höher steigen, bis alle Luft verzehrt ist. Der Versuch ist nicht gefährlich, weil sich nicht alle Luft auf einmal entzündet, vorausgesetzt daß sie rein und nicht mit atmosphärischer vermischt war; aber überraschend ist es, einen dem Anschein nach leeren Raum in Flammen gerathen zu sehen.

Aus diesem Versuch erhellet zugleich, daß die brennbare Luft nicht für sich allein ein Feuer unterhalten kann, sondern daß sie nur da brennt, wo sie mit der atmosphärischen Luft in Berührung steht; und so findet auch hier die Regel statt, daß ohne atmosphärische oder dephlogistisirte Luft kein Feuer exi-

stiren kann. Eben so ist es auch mit den andern entzündbaren Luftarten; sie brennen nur alsdann, wenn sie mit der atmosphärischen oder dephlogistisirten Luft in Verbindung sind.

Eine ganz andere Wirkung erfolgt, wenn Sie die brennbare Luft mit atmosphärischer vermischen, und alsdenn anzünden. Nun entsteht ein Knall, der desto heftiger ist, je reiner die beygemischte Luft und je besser das Verhältniß der Mischung getroffen war. Man rechnet ungefähr zwey Theile atmosphärischer Luft auf einen Theil brennbarer. Der Knall ist mit einer starken Explosion verbunden, die es gefährlich machen würde, ein Glas mit einer solchen Mischung in der Hand anzuzünden. Ueberhaupt taugen gläserne Gefäße zu diesen Versuchen nicht, besser sind Blasen, und selbst Seifenblasen, oder ein Gescht von Seifenwasser, wozu man diese Knallluft genommen hat, sind hinreichend.

Ungleich heftiger und stärker wird alles, wenn man, statt der atmosphärischen, dephlogistisirte Luft nimmt. In diesem Fall aber braucht man nur einen Theil dephlogistisirte auf zwey Theile brennbare Luft. Ein solches Gemisch in eine große und starke Rindsblase eingeschloßen, und durch den elektrischen Funken angezündet, gibt einen so fürchterlichen Knall, daß Ohren, die nicht daran gewöhnt sind, ihn kaum ertragen können.

Hier wird der Ort seyn, der elektrischen Pistolen zu erwähnen, von denen ich mit Vorbedacht bis jetzt geschwiegen habe, weil sie eine Bekanntschaft mit der eben beschriebenen Luftart voraussetzen. Sie sind nichts anders, als Instrumente zur bequemen Entzündung einer Knallluft durch den elektrischen Funken. In ihrer ersten Einrichtung, die wir der Erfindung des Hrn. Volta verdanken, haben sie noch wenig Aehnlichkeit mit einer Pistole, in der Folge aber hat man ihnen äußerlich immer mehr diese Gestalt gegeben, so wie man auch ihre innere Beschaffenheit immer mehr vervollkommnet hat. Die Hauptsache besteht in einem metallenen Lauf, der mit der Knallluft gefüllt, und an dem vordern Ende durch einen hölzernen Stöpsel, oder eine Kugel, verschlossen wird. Durch den hintern Theil aber, der wie bey einer Pistole fest verwahrt ist, oder durch die Seitenwand, geht ein isolirter Drath inwendig in den Lauf hinein. Auf diesen Drath läßt man einen elektrischen Funken schlagen, der bey seinem Uebergang aus dem Drath in die Seitenwand der Pistole, die Knallluft entzündet, durch deren Explosion der Stöpsel oder die Kugel herausgetrieben wird. Eine brauchbare und einfache Pistole dieser Art ist wohl die, welche Hr. Pikkel erfunden, und Herr Ingenhouß in seinen

vermischten Schriften ausführlich beschrieben hat. Der letztere hat auch verschiedene Knallluftarten angegeben, von denen einige der Wirkung des Schießpulvers nahe kommen, und deren Gebrauch daher große Vorsicht erfordert.

Auch gehören hieher die elektrischen Lampen, bey denen aber eine unvermischte brennbare Luft durch den elektrischen Funken entzündet wird. Es entsteht hier also keine Explosion, sondern man erhält eine ruhig brennende Flamme, an der man leicht einen Wachsstock oder ein Licht anzünden kann. Sie können daher sehr gut die Stelle eines Feuerzeugs vertreten. Man hat jetzt viele Arten derselben, die alle darin übereinkommen, daß zwey Gefäße, wovon das eine mit Wasser, das andere mit brennbarer Luft gefüllt wird, so verbunden sind, daß, wenn man einen Hahn öffnet, das Wasser aus jenem in dieses herüberfließt, und die brennbare Luft zu einer engen Röhre heraustreibt. Dicht über dieser befinden sich ein paar messingene Dräthe, mit ihren Enden gegen einander gekehrt und etwa anderthalb Linien von einander entfernt; die ausströmende Luft geht zwischen ihnen hindurch und wird zugleich von einem durchschlagenden elektrischen Funken entzündet.

Eine sehr artige Lampe dieser Art stellt die 41ste und 42ste Figur vor*), (die erstere zeigt die Maschine von vorne, die andere von der Seite). A und B sind die beyden Gefäße, von welchen jenes die brennbare Luft, dieses das Wasser enthält; das untere ist von Messing, das obere von Glas. Aus dem letztern geht eine Röhre ab (Fig. 42.) bis nahe an den Boden des erstern; und auf dem Deckel des Gefäßes A ist der messingene Kanal cefg befestigt, der durch den Hahn d verschlossen werden kann. Von beyden Seiten der Röhre fg stehen die Träger op und qr, (Fig. 41.) welche die beyden Dräthe m und n halten. Der Träger op ist in der Mitte von Glas, um den Drath m zu isoliren. CD ist ein Kasten von Mahagony-Holz, auf dem das untere Gefäß angeschraubt ist, so daß die ganze Maschine einen festen und sichern Stand hat. In dem Kasten liegt ein Elektrophor, von dessen Deckel eine seidene Schnur an den Hahn d geleitet ist. Endlich ist st eine gläserne Röhre, die einen messingenen Drath einschließt, der mit dem Drath m in leitender Verbindung steht**).

*) Ihre Einrichtung rührt von dem geschickten Mechanikus Hrn. Sekretär Schröder in Gotha her, dessen Arbeiten sich eben so sehr durch ihre Eleganz, als durch ihre Genauigkeit und Brauchbarkeit auszeichnen.

**) In den beyden Figuren sind die einzelnen Theile und ihre Verbindung nur ungefähr angedeutet; ein

Soll das Gefäß A mit brennbarer Luft gefüllt werden, so schraubt man zuerst das Stück der Röhre gf ab, und gießt durch die Oeffnung H (die mit einem messingenen Deckel versehen ist) so viel Wasser in das Gefäß, bis es durch f herausläuft, und folglich alle atmosphärische Luft aus A herausgetrieben ist. Darauf setzt man in f eine besondere messingene Röhre ein, die in der 43sten Figur gezeichnet ist, und bringt das andere Ende derselben in die Flasche, in der die brennbare Luft bereitet wird. Diese geht durch die Röhre und den Kanal fec in das Gefäß A und treibt das Wasser durch die Röhre ba in das Gefäß B hinauf. Ist man mit der Füllung fertig, so wird der Kanal durch den Hahn d verschlossen, die aufgesetzte Röhre weggethan, und dafür das Stück fg wieder eingeschraubt.

Man sieht leicht, daß die Luft in dem untern Gefäß durch den Druck des Wassers etwas zusammengepreßt wird; desto schneller aber dringt sie zu der Oeffnung g heraus, wenn man den Hahn öffnet, und man darf um so weniger besorgen, daß die Lampe versagen werde. Gibt man dem Hahn die zur Oeffnung des Kanals erforderliche Wendung, so wird zugleich der Deckel des Elektrophors bis an den Drath, der in

jeder Künstler aber wird hoffentlich von selbst daraus beurtheilen können, wie sie eigentlich zusammenzufügen sind.

der gläsernen Röhre st steckt, erhoben, und der Wachsstock x über die Oeffnung g gebracht. Man kann sich also hier durch eine kleine Beugung der Hand auf die allerbequemste Weise Licht verschaffen.

Die einzige Vorsicht, die man bey diesem eben so sinnreichen, als bequemen Instrument nöthig hat, ist diese, zu verhüten, daß sich mit der brennbaren Luft in A keine atmosphärische, noch weniger dephlogistisirte vermische, weil sonst eine Knallluft entstände, die das Gefäß mit großer Gefahr der Umstehenden zersprengen könnte.

Zweyhundert und eilfter Brief.

Die Versuche, welche sich mit einer Mischung von brennbarer und dephlogistisirter Luft anstellen lassen, sind nicht für bloße Spielwerke zu achten, die höchstens zur Belustigung, oder zur Erschütterung des Trommelfells taugen, sondern können als ein Gegenstand der ernsthaftesten Aufmerksamkeit angesehen werden, seitdem sie eine Entdekkung veranlaßt haben, die für die Naturkunde von der größten Wichtigkeit ist.

Wenn man einer gewissen Quantität brennbarer Luft anfangs nur wenig dephlogistisirte beymischt,

und sie dann entzündet: so entsteht kein Knall und keine Explosion, sondern die Mischung brennt mit einer stillen Flamme so lange fort, als dephlogisti-sirte Luft vorhanden ist; und läßt man von der letz-tern immer neue hinzu, so wird nach und nach alle brennbare Luft verbrennen. — Und was glauben Sie, daß aus dieser Verbrennung entsteht? Sie sehen leicht ein, daß diese Frage nichts Widersinni-ges enthält. Denn man pflegt zwar zu sagen, daß das Feuer die Körper verzehre; aber das heißt doch nicht so viel, als daß es sie ganz vernichte, oder sie in ein nichts verwandle — dieß ist unmöglich. Durch das Verbrennen werden blos gewisse Theile von einem Körper getrennt, und andre wieder mit ihm verbunden. So entstehen z. B. aus dem Holz durch das Verbrennen Rauch, Kohlen, Asche.

Wenn Ihnen aber auch die erwähnte Frage nicht befremdend ist, so wird es vielleicht die Antwort desto mehr seyn: „Was aus der Verbrennung jener beyden Luftarten entsteht, ist — Wasser.“ An-fangs war man zwar geneigt zu glauben, daß das Wasser, welches hier zum Vorschein kommt, schon vorher aufgelöst in der Mischung vorhanden seyn möchte, und nach der Verbrennung nur wieder sicht-bar würde. Allein es zeigt sich auch, wenn man die Luftarten auf das sorgfältigste trocknet; und was viel wichtiger ist, so hat Herr Cavendish

(im Jahr 1781) zuerst gefunden, daß das erzeugte Wasser eben so viel wiegt, als die beyden Luftarten zusammengenommen vor der Verbrennung.

Nach ihm hat man besonders in Frankreich die sorgfältigsten Versuche darüber angestellt, die seine Entdeckung vollkommen bestätigten. Bey einem dieser Versuche wurden 25582 Kubikzoll brennbarer Luft mit 12457 Kubikzoll dephlogistisirter verbrannt. Das Gewicht der erstern betrug 1 Unze 6 Quentchen und $31\frac{1}{3}$ Gran, und das der letztern 10 Unzen 6 Quentchen $17\frac{2}{3}$ Gran; zusammen also 12 Unzen 4 Quentchen und 49 Gran. Das Wasser aber, das man nach der Verbrennung erhielt, wog 12 Unzen, 4 Quentchen und 45 Gran; folglich nur 4 Gran weniger, als die verbrannten Luftarten — ein Unterschied, der bey so feinen Versuchen, wo kleine Fehler unvermeidlich sind, nichts sagen will, und in der That mehr für als wider beweist.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen hat man den Schluß gezogen, daß das Wasser, welches man so lange für einen elementarischen Stoff gehalten hat, ein zusammengesetzter Körper sey; und zwar, daß er aus dephlogistisirter und brennbarer Luft, oder vielmehr aus den Grundstoffen dieser beyden Luftarten bestehe.

Um das letztere verständlich zu machen, muß ich erinnern, daß man alle Luftarten als Körper ansieht, die aus einem gewissen Grundstoff, der entweder einfach oder wieder zusammengesezt seyn kann, und aus der Feuermaterie bestehen. Denn Sie werden in der Folge sehen, daß feste Körper blos durch ihre Verbindung mit dem Feuer in flüssige, und flüssige durch die Entziehung des Feuers wieder in feste verwandelt werden. Man muß also das Feuer als den Grund aller Flüssigkeit ansehen; und je flüssiger ein Körper ist, desto größer muß die Menge von Feuermaterie seyn, die er in sich enthält. Die luftförmigen Stoffe aber gehören unstreitig zu den flüssigsten Körpern, und wir können also mit Recht schließen, daß das, was sie flüssig macht, die Feuermaterie sey, und daß sie außerdem noch einen gewissen Grundstoff haben müssen.

Diese Grundstoffe der dephlogistisirten und brennbaren Luft also machen in Verbindung mit einander das Wasser aus. Daher erhält man noch kein Wasser, wenn man blos die genannten Luftarten vermischt; sondern es muß ihnen erst die Feuermaterie, die sie zu luftförmigen Flüssigkeiten macht, entzogen werden, damit ihre Grundstoffe sich vereinigen können. Und das geschieht eben durch das Verbrennen; welches nichts anders als eine Verbindung der Grundstoffe ist, wobey sie ihre Feuermaterie

terie fahren lassen, die wegen ihrer ausserordentlichen Feinheit durch die Wände des Gefäßes davon geht.

Dem Grundstoff der dephlogistisirten Luft haben die französischen Chemiker den Namen oxygène (Sauerstoff) gegeben, weil er nach ihrem System der Grund aller Säuren ist; und den Grundstoff der brennbaren Luft haben sie hydrogène (Wasserstoff) genannt. Das Wasser ist also nach ihnen ein aus Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzter Körper. Aus dem vorhin angeführten Versuch werden Sie auch beurtheilen können, in welchem Verhältniß ungefähr beyde Stoffe im Wasser gemischt sind. Das Gewicht der dephlogistisirten Luft betrug dort beynahe sechsmal so viel, als das Gewicht der brennbaren; und also gehört auf einen Theil Wasserstoff beynahe sechsmal so viel Sauerstoff. Genauer wird das Verhältniß so bestimmt: 100 Theile Wasser bestehen aus 85 Theilen Sauerstoff und aus 15 Theilen Wasserstoff.

Das Wasser, das man anfänglich bey diesen Versuchen erhielt, war immer mit einiger Salpetersäure vermischt, und etwas säuerlich. Man wollte hieraus einen nachtheiligen Schluß gegen die angeführte Meinung ziehen; allein genauere Versuche zeigten, daß die Säure blos daher rührte, weil die vermischten Luftarten nicht ganz rein waren. Be-

dient man sich einer reinen dephlogistisirten und brennbaren Luft, so erhält man auch ein reines geschmackloses Wasser, dessen Eigenschaften und spezifische Schwere ganz mit dem reinen destillirten Wasser übereinkommen.

Diese Theorie oder Hypothese von der Zusammensetzung des Wassers, die man nach ihrem vornehmsten Urheber die Lavoisier'sche nennt, gewinnt noch dadurch ein großes Gewicht, daß man ebenfalls Mittel gefunden hat, das Wasser wieder in seine Bestandtheile zu zerlegen. Läßt man z. B. eine gewisse Quantität Wasser in Dampfgestalt durch eine glühende gläserne Röhre gehen, die mit kleinen Nägeln oder andern kleinen Stücken Eisen gefüllt ist, und fängt es an der andern Seite wieder auf, so wird ein Theil davon fehlen; dafür aber erhält man eine gewisse Menge brennbarer Luft, und das Eisen, das seine vorige Beschaffenheit zum Theil verändert, wird schwerer. Das Eisen bekommt nehmlich in der Hitze eine größere Verwandschaft zu dem Sauerstoff, als dieser zu dem Wasserstoff hat; folglich zersetzt es das Wasser, und verbindet sich mit dem Sauerstoff desselben — daher rührt seine Gewichtszunahme. Der freygewordene Wasserstoff aber vereinigt sich mit der Feuermaterie und bildet mit ihr die brennbare Luft. Das Gewicht dieser Luft nebst der Gewichtszunahme des Eisens beträgt ge-

rade so viel, als das Gewicht des fehlenden Wassers.

Mehr von dieser Theorie, die gegenwärtig viel Aufsehen macht, werde ich Ihnen sagen, wenn wir zur Betrachtung des Feuers kommen werden. Unterdessen darf ich es Ihnen nicht verhehlen, daß sie noch lange nicht außer allem Zweifel gesetzt ist, ob sie gleich sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich hat. So viele und so angesehene Physiker sich auch bereits zu ihrem Vortheil erklärt haben, selbst von denen, die eine Zeitlang ihre eifrigsten Gegner waren, so giebt es doch auch noch andre nicht minder wichtige und sachkundige Männer, die sie bis jetzt noch mit Nachdruck bekämpfen, und ihr andre scharfsinnige Hypothesen entgegensetzen.

Dem sey indessen wie ihm wolle, so bleiben die Erfahrungen, auf welche sie sich gründet, und zu denen sie Veranlassung gegeben hat, immer wahr und für die Naturkunde wichtig; und schon aus diesem Grunde verdient sie die Aufmerksamkeit und Achtung eines jeden Liebhabers dieser Wissenschaft.

Zweyhundert und zwölfter Brief.

So zahlreich die Mittel sind, welche uns die Kunst zur Verfertigung der brennbaren Luft darbietet, so mannigfaltig sind die Wege, auf welchen sie von der Natur selbst bereitet wird. Vielleicht wird sie in eben so großer Menge, als die fixe Luft, auf unserer Erde entwickelt, wenn sie gleich nicht so allgemein als diese durch die Atmosphäre verbreitet ist.

Am häufigsten findet man sie in den schlammigten Boden stehender und fließender Gewässer, in Morästen und Sümpfen. Rührt man diese mit einem Stock um, so steigen die Luftblasen oft in beträchtlicher Menge herauf, und hält man dann ein brennendes Licht hinzu, so gerathen sie in Feuer und brennen mit einer bläulichten Flamme. Diese Entdeckung hat zuerst Hr. Volta in Italien gemacht. Er fand, daß fast alle Gewässer um Como herum brennbare Luft hergaben. Selbst in dem schlammigten Erdreich nahe bey dem Wasser war sie in so großem Ueberfluß vorhanden, daß, wenn er mit einem Stock mehrere Löcher geschwinde neben einander in den Boden stieß, und über eines derselben einen brennenden Schwefelfaden brachte, sich sogleich eine Flamme über den ganzen Bezirk verbreitete, und so lange fortdauerte, als noch Luft aus den Löchern hervorstieg.

Es gibt Gewässer, aus denen sie sich von selbst und in so großer Menge entwickelt, daß sie in Schichten über ihnen schwebt, wie die fixe Luft über manchen mineralischen Quellen. Nähert man sich diesen mit einem brennenden Licht, so entzündet sich ihre ganze Oberfläche, und brennt wie Spiritus, mit einer wallenden blauen Flamme, die in der Dunkelheit der Nacht dem Auge ein bezauberndes Schauspiel darbietet. Dergleichen Erscheinungen hatte man, wie der berühmte Franklin erzählt, an einigen Flüssen in Newjersey in Amerika wahrgenommen, und der königlichen Societät in London Bericht davon erstattet. Dieß war im Jahr 1765, wo man die brennbare Luft und ihre verschiedene Entstehungsarten noch nicht kannte. Es schien daher so unglaublich, daß die Oberfläche eines Wassers brennen sollte, daß man die Erzählungen davon für erdichtet hielt, und den Bericht den Verhandlungen der Gesellschaft nicht einverleiben wollte, aus Besorgniß, sich dem Vorwurf der Leichtgläubigkeit und dem Hohngelächter auszusetzen. Nach der Hand wurde die Sache außer Zweifel gesetzt, und jetzt kennt man mehrere Quellen in Italien, Frankreich und andern Ländern, welche dieselbe Eigenschaft haben; auch läßt sich in einem jeden Sumpf eine ähnliche Erscheinung hervorbringen, wenn er recht umgewühlt wird.

Die brennbare Luft, die sich hier entwickelt, wird mit einem eignen Namen Sumpfluft genannt. Sie unterscheidet sich von der gemeinen brennbaren Luft, die man durch Säuren aus den Metallen erhält, in mehrern Stücken, und wird daher von einigen als eine besondere Luftart angesehen. An spezifischer Schwere übertrift sie sogar die atmosphärische Luft, und sinkt darin zu Boden, statt daß die andere in ihr in die Höhe steigt. Auch kann sie nicht so leicht, als diese, entzündet werden, und will man sie in eine Knallluft verwandeln, so muß man auf einen Theil zehn bis zwölf Theile atmosphärische Luft nehmen.

Man hat mancherley Methoden, die Luft aus den Sümpfen aufzufangen, und sie in Flaschen zu sammeln. Folgende ist eine der kürzesten, wenn gleich nicht bequemsten. Man fülle eine Flasche ganz mit Wasser, und halte sie mit der Oeffnung unter die Oberfläche des Sumpfes, aus dem man die Luft herholen will; in den Hals der Flasche bringe man einen kurzen aber breiten Trichter, mit der Vorsicht, daß dabey keine atmosphärische Luft in die Flasche komme; und rühre dann den Schlamm unter dem Trichter mit einem Stock tüchtig um, so werden unfehlbar Luftblasen genug emporsteigen, um die Flasche in kurzer Zeit zu füllen. Diese Methode hat aber außer ihrer Unbequemlichkeit noch den

Nachtheil, daß, wenn viele Luft neben dem Trichter in die Höhe steigt, man es kaum vermeiden kann, sie einzuathmen, welches der Gesundheit eben nicht zuträglich seyn möchte. Besser ist eine andere, die Hr. Prof. Pickel vorschlägt. Der Apparat dazu besteht aus einem blechernen oder messingenen Trichter, auf dessen erhobener Seite ein starker Ring unbeweglich angelötet ist; ferner aus einer Blase, die mit Fett wohl abgerieben und erweicht seyn muß; drittens aus einer kurzen hölzernen Röhre mit einem Hahn, dessen Griff würfelartig, und über Kreuz durchbohrt ist; endlich aus ein paar Stöcken, von welchen der eine in den Ring des Trichters, der andere in die Löcher am Hahn paßt. Die Blase wird an die Röhre gebunden, und nachdem alle Luft herausgedrückt ist, durch den Hahn verschlossen; den Trichter befestigt man vermittelst des Rings an den einen Stock, und wenn man ihn ganz unter das Wasser des Sumpfes getaucht, und alle Luft aus ihm herausgetrieben hat, so setzt man durch Hülfe des andern Stocks die Röhre mit der Blase darauf, und öffnet den Hahn; alsdann fährt man mit eben diesem Stock in dem Schlamm unter dem Trichter herum, so erhebt sich die Sumpfluft, und sammelt sich in der Blase. Eine kleine Uebung kann dieses, dem Anschein nach künstliche Verfahren, bald sehr leicht machen.

Außer den Gewässern wird die brennbare Luft am meisten an solchen Oertern angetroffen, wo vegetabilische oder animalische Stoffe in Fäulniß übergehen. Ingleichen findet man sie, wie einige andere mephitische Luftarten, in Hölen und Bergwerken, besonders in Steinkohlengruben. Sie ist bey den Bergleuten unter dem Namen der Feuerschwaden bekannt, und wird mit Recht von ihnen gefürchtet, weil sie sich leicht an den Grubenlichtern entzündet, und durch ihre Explosion den in der Nähe befindlichen Personen gefährlich wird.

Merkwürdig ist es, daß die Pflanzen in dieser Luftart gedeihen. Einige aber sind der Meinung gewesen, daß sie auch den Thieren zuträglich wäre; und der bekannte schwedische Naturforscher Scheele versichert, sie selbst ohne Beschwerde eingeathmet zu haben. Allein nach den Beobachtungen, die Hr. Fontana hierüber angestellt hat, wird sie nur alsdann unschädlich, wenn sie entweder selbst mit vieler atmosphärischer Luft vermischt, oder wenn von der leztern noch eine beträchtliche Menge in den Lungen vorhanden ist. Fehlt hingegen diese Beymischung, so ist sie Menschen und Thieren tödtlich. Fontana erzählt von sich selbst, daß er alsdann nie mehr als drey Athemzüge hätte thun können. Schon bey dem ersten hätte er eine Beklemmung verspürt; bey dem zweyten die Gegenstände nicht mehr unterscheiden

können, und bey dem dritten wäre er ohnmächtig auf die Knie gesunken. Thiere, die unter eine Glokke mit brennbarer Luft gesetzt wurden, starben oft in wenigen Sekunden. Es ist also nicht zu zweifeln, daß sie, so gut wie die fixe und phlogistische Luft, in die Klasse der irrespirabeln Luftarten gehöre.

Endlich muß ich noch bemerken, daß manche feurige Erscheinungen in der Natur sehr wahrscheinlich der brennbaren Luft, die so häufig erzeugt wird, ihren Ursprung verdanken. So haben mehrere Physiker die Irrlichter oder Irrwische für eine entzündete Luft erklärt, und es lassen sich verschiedene Gründe anführen, die diese Meinung unterstützen. Die Irrlichter lassen sich am meisten in sumpfigten Gegenden und an solchen Orten sehen, wo der Erfahrung zufolge auch die brennbare Luft am häufigsten entsteht; ihr flatterndes Feuer ist der Flamme der brennenden Luft nicht unähnlich; ihr Hin- und Herhüpfen ist vielleicht nur scheinbar, und rührt eigentlich daher, daß die Flamme sich von einer Stelle zur andern fortpflanzt, so wie die Luft sich nach und nach an den verschiedenen Stellen entwickelt. Inzwischen stehen dieser Erklärung doch auch noch manche Schwierigkeiten entgegen. Ueberhaupt gehören die Irrlichter zu denjenigen Erscheinungen, von welchen man zwar viel reden hört, die aber noch sehr wenig beobachtet worden sind; und es ist

nicht unwahrscheinlich, daß das, was man unter diesem Namen begreift, seinem Ursprung und seiner Beschaffenheit nach sehr verschieden sey.

Zweyhundert und dreyzehnter Brief.

Obgleich die brennbare Luft weder zum Athmen tauglich, noch, wie die fixe, zu irgend einem medicinischen Gebrauche geschickt ist, so leistet sie uns doch auf eine andere Art einen Dienst, dessen Wichtigkeit wir zwar jetzt schon einsehen können, wovon aber wahrscheinlich erst die künftigen Generationen die wahren Vortheile einärnten werden.

So lange es auch schon den Menschen, denen die Natur das feste Land zum Aufenthalt angewiesen hatte, gelungen war, sich auf der Oberfläche der Gewässer so sicher wie auf der trocknen Erde zu erhalten, und selbst in die Tiefe des Meeres herabzusteigen; so wenig wollte es ihnen glücken, sich über die Erde zu erheben, und in der Luft empor zu steigen. Zwar hat es nicht an Versuchen gefehlt, aber vergebens. Die meisten wollten die Vögel nachahmen, und sich durch Flügel in die Luft erheben — ein Mittel, das man wohl der Fabel er-

lauben konnte, das aber mechanische und physische Gründe fast unmöglich machen. Andere thaten Vorschläge, die zwar auf richtige Grundsätze gebaut waren, denen aber in der Ausführung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen standen.

Endlich ist es in unserm höchst merkwürdigen Jahrhundert dem menschlichen Fleiß und Nachdenken doch geglückt, die Luft zu befahren, und sich darin bis zu einer Höhe zu erheben, die der Höhe der größten Berge gleich kommt, oder sie noch übertrift. Ich habe nicht nöthig, Ihnen zu sagen, wo und durch wen die ersten glücklichen Versuche dieser Art gemacht worden sind; denn sie sind erst vor wenigen Jahren geschehen, und haben die Aufmerksamkeit der ganzen gesitteten Welt zu sehr auf sich gezogen, als daß sie Ihnen unbekannt seyn könnten. Ich merke nur an, daß bey den besten Luftschiffen die brennbare Luft den wesentlichsten Theil ausmacht; und das ist der Grund, warum ich dieser Erfindung hier gedenke, und warum ich vorhin sagte, daß die brennbare Luft uns für den Mangel medizinischer Kräfte durch einen andern Nutzen reichlich entschädige.

Die Eigenschaft, welche die brennbare Luft zu diesen Fahrzeugen geschickt macht, ist nicht ihre Entzündbarkeit, sondern ihre große Leichtigkeit in Vergleich mit der atmosphärischen Luft. Deßwegen

sind auch nicht alle brennbare Luftarten in gleichem Grade tauglich dazu; die Sumpfluft z. B. kann hier gar nicht gebraucht werden, da sie schwerer als die atmosphärische Luft ist. Gemeiniglich bedient man sich derjenigen Luft, die durch den Aufguß der Vitriolsäure auf Eisen und Zink erhalten wird, und die mehrentheils sechs-, bisweilen zehn- bis zwölfmal so leicht ist, als die gemeine Luft.

Um sich einen deutlichen Begrif zu machen, wie die brennbare Luft durch ihre Leichtigkeit zu Luftschiffen tauglich ist, muß man überhaupt erwägen, wie es zugeht, daß ein Körper sich in einer Flüssigkeit erhebt, oder auf ihrer Oberfläche erhält.

Holz schwimmt auf dem Wasser, und ein Stein oder ein Stück Metall gehen darin zu Grunde — das ist eine Erscheinung, an die wir so gewöhnt sind, daß wir darüber fast vergessen, nach ihrer Ursache zu fragen; und doch wer diese einsieht, wird eben so gut begreifen, wie ein Luftschiff steigen und beträchtliche Lasten mit sich führen kann.

Das Holz, werden Sie sagen, ist leichter, als das Wasser, und darum schwimmt es; das Metall aber ist schwerer, und darum sinkt es unter. Sehr richtig! doch um allem Misverstand vorzubeugen, sagen Sie lieber: Holz ist spezifisch leichter, und Metall spezifisch schwerer, als Wasser. Ich habe diesen Ausdruck schon mehrmals erläutert;

man braucht ihn allemal da, wo man die Gewichte zweyer Körper von gleichem Volumen mit einander vergleicht. So wird also z. B. ein Cubikzoll Holz weniger, hingegen ein Cubikzoll Metall mehr wiegen, als ein Kubikzoll Wasser.

Es sey nun AB (Fig. 44.) ein Gefäß mit Wasser, und die zwischen den punktirten Linien enthaltene Menge mache etwa einen Cubikzoll aus. Dieser Cubikzoll Wasser hat ein bestimmtes Gewicht, und vermöge dessen ein Bestreben zu fallen. Wir sehen aber, daß er nicht fällt, sondern daß er von dem unter und neben ihm befindlichen Wasser an seiner Stelle erhalten wird. Wir können uns also vorstellen, als wirkten hier zwey Kräfte einander entgegen, der Druck des Cubikzolles und der Widerstand des übrigen Wassers; beyde sind einander gleich, und darum bleibt alles in Ruhe. Könnten wir nun an die Stelle des Cubikzolles Wasser einen andern Körper von gleicher Größe, Form und Schwere bringen, so würde er unstreitig einerley Wirkung haben: er würde eben so stark auf das übrige Wasser drücken, und dieses würde ihm denselben Widerstand leisten. Es bliebe also alles im Gleichgewicht, wie vorher; das heißt, der Körper würde weder sinken, noch sich über die Oberfläche des Wassers erheben, sondern genau die Stelle des Kubikzolles Wasser einnehmen.

Ganz anders aber würde es mit einem Cubikzoll Kupfer seyn; dieses äußert einen viel stärkern Druck als der Cubikzoll Wasser; folglich ist der Widerstand des übrigen Wassers nicht mehr hinreichend, ihm das Gegengewicht zu halten; es geht daher zu Grunde.

Im Gegentheil nehmen wir einen Cubikzoll Holz, so ist der Druck desselben geringer, als der Druck des Wassers; es kann also auch dem Widerstand des übrigen Wassers nicht Kraft genug entgegensezzen, und wird folglich zurückgedrängt und zum Theil über die Oberfläche des Wassers hinaus getrieben, oder es schwimmt.

Wenn aber gleich das Kupfer, an der Stelle des Kubikzolles Wasser, vermöge seines Gewichts so stark drückt, daß das übrige Wasser ihm nicht ganz widerstehen kann, so wird es ihm doch wenigstens einigen Widerstand leisten. Dieser Widerstand wird machen, daß das Kupfer nicht mit seiner ganzen Kraft, oder mit seinem ganzen Gewicht zu Boden sinkt; denn es muß erst einen Theil davon anwenden, um den Widerstand des Wassers zu überwinden, und nur mit dem Ueberrest wird es hinunterwärts streben. So fällt auch eine bleyerne Kugel in einem leeren Glase mit größerer Gewalt zu Boden, als wenn es voll Wasser ist. Die Frage ist nun, wie groß wird jener Widerstand des Wassers

seyn, und um wie viel wird die Kraft oder das Gewicht des Kupfers dadurch geschwächt oder vermindert werden?

Diese Frage ist wichtig, und nicht schwer zu beantworten. Sie haben gesehen, daß das Wasser in dem Gefäß AB dem Cubikzoll Wasser mrsn mit einer solchen Kraft entgegenwirkt, daß es sein Gewicht gerade aufhebt, oder mit ihm im Gleichgewicht stehet. Wir können also sagen, sein Widerstand sey dem Gewicht des Cubikzolles Wasser gleich. Denselben Widerstand aber muß es auch dem Cubikzoll Kupfer leisten, das Sie an die Stelle des Wassers mrsn bringen. Folglich beträgt der Widerstand, den das Kupfer erleidet, so viel als das Gewicht des Kubikzolles Wasser; so viel muß es also von seinem Gewicht anwenden, um den Widerstand des Wassers aufzuheben, und mit seinem übrigen Gewicht sinkt es zu Boden.

Ein Beyspiel wird dieß noch deutlicher machen. Ein Kubikzoll Wasser wiegt ungefähr 500 Gran. Diese sind gerade erforderlich, um dem Widerstand des übrigen Wassers das Gleichgewicht zu halten. Ein Kubikzoll Kupfer aber wiegt ungefähr 4400 Gran. Von diesen muß es also erst 500 anwenden, um den Widerstand des Wassers aufzuheben, und mit dem Ueberrest oder mit einem Gewicht von 3900 Gran sinkt es zu Boden. Ein Kubik-

zoll Kupfer verliert also von seinem Gewicht im Wasser so viel, als ein Kubikzoll Wasser wiegt.

Zweyhundert und vierzehnter Brief.

Ich bin in meinem letzten Brief von der Luftschiffarth ausgegangen, und habe mich am Ende unter sehr gemeinen hydrostatischen Versuchen befunden. Dieß ist keine Verirrung von unserm Wege, sondern eine überlegte Abweichung, weil ich Sie so am sichersten zu dem vorgesteckten Ziele zu führen glaube. Eben deßwegen hoffe ich auch, daß es Ihnen nicht zuwider seyn wird, wenn ich noch etwas weiter auf diesem Nebenwege fortgehe, ehe ich wieder auf den Hauptweg zurückkomme.

Ein Kubikzoll Kupfer verliert, wie ich Ihnen gezeigt habe, im Wasser so viel von seinem Gewicht, als ein Kubikzoll Wasser wiegt. Und dieß geschieht nicht blos an der Oberfläche des Wassers im mrsn (Fig. 44) sondern eben so gut an jeder andern Stelle. Denn überall ist die Wirkung des Wassers auf das Kupfer so groß, als sie auf den Cubikzoll Wasser seyn würde, dessen Stelle es einnimmt

nimmt; und da sie immer gerade hinreicht, diesen an seiner Stelle, wo sie auch sey, zu erhalten, so muß auch der Widerstand, den das Kupfer erfährt, überall gleich seyn.

Ferner ist es klar, daß das Wasser mit der nehmlichen Kraft, mit der es auf das Kupfer wirkt, auf jeden andern Körper von gleicher Größe, den wir in dasselbe hineintauchen, wirken muß; denn immer tritt dieser an die Stelle eines Cubikzolles Wasser. Ein jeder Körper also, dessen Inhalt einen Cubikzoll beträgt, wird im Wasser ungefähr 500 Gran von seinem Gewicht verlieren, und nur mit dem Ueberschuß seines Gewichts zu Grunde gehen. Wöge er 1000 Gran, so würde er gerade die Hälfte seines Gewichts verlieren, wäre er 600 Gran schwer, so würde er im Wasser nur 100 Gran wiegen; betrüge aber sein Gewicht genau 500 Gran, so würde es im Wasser ganz aufgehoben, oder Null werden; der Körper würde also an jeder Stelle im Wasser stehen bleiben, ohne weder zu sinken, noch empor zu kommen; er würde sich eben so verhalten, wie ein Cubikzoll Wasser selbst.

Hieraus kann man leicht abnehmen, wie es mit einem Körper gehen werde, von dem ein Cubikzoll weniger als 500 Gran wiegt. Taucht man ihn ins Wasser, so kann er an keiner Stelle der Wirkung desselben genug widerstehen; er wird also in die

Höhe getrieben, und zwar mit desto größerer Kraft oder Schnelligkeit, je geringer der Widerstand ist, den er dem Wasser zu leisten vermag. Wäre sein Gewicht z. B. 400 Gran, so würde das Wasser ihn mit einer Kraft von 100 Gran in die Höhe treiben; wäre es nur 300 Gran, so würde er mit einer Kraft von 200 Gran zurückgetrieben werden, u. s. w. Im erstern Fall könnte man ihn mit 100, im letztern mit 200 Gran beschweren, ohne daß er unterginge.

Nach diesen Erläuterungen wird es Ihnen gewiß nicht schwer seyn, die Frage aufzulösen, wie groß der Widerstand seyn wird, den ein Körper von jeder andern Form und Größe, als ein Cubikzoll, im Wasser erleidet.

Nehmen Sie an, es sey AB (Fig. 45.) ein Gefäß mit Wasser, und C ein Stein: so ist offenbar, daß das Wasser mit eben der Kraft auf ihn wirken werde, mit der es vorher auf den Klumpen Wasser wirkte, der diese Stelle einnahm. Diese Wirkung war eben hinlänglich, ihn an seiner Stelle zu erhalten, oder sein Gewicht aufzuheben; sie wird also auch das Gewicht des Steins um so viel vermindern, als das Gewicht des Wassers beträgt, dessen Raum er einnimmt. Und so wird Ihnen nunmehr folgende Regel ohne Zweifel vollkommen verständlich seyn:

Ein jeder Körper verliert im Wasser so viel von seinem Gewicht, als diejenige Quantität Wasser wiegt, deren Raum er einnimmt.

Wie es sich aber mit dem Wasser verhält, auf eine ähnliche Weise verhält es sich mit einer jeden andern Flüssigkeit, und wir können daher diese Regel noch allgemeiner so ausdrücken:

Ein jeder Körper verliert in einer Flüssigkeit so viel von seinem Gewicht, als eine Quantität dieser Flüssigkeit von gleich großem Inhalt wiegt.

Diese Regel giebt uns zugleich einen Weg an die Hand, wie wir Körper, die eine größere spezifische Schwere, als das Wasser haben, dennoch darin zum Schwimmen bringen können: Wir dürfen ihnen nur eine solche Form geben, daß sie den Raum einer Quantität Wasser einnehmen, deren Gewicht mehr beträgt, als sie selbst wiegen. Und wie werden wir diesen Endzweck erreichen? Sie werden ohne meine Erinnerung antworten: wenn wir die Körper hohl machen. Sehen wir nicht so häufig hohle Körper schwimmen, deren Materie in soliden Stücken den Augenblick untergehen würde?

Der Grund also, warum solche Körper schwimmen, liegt darin, daß sie unter dieser Form einen

größern Raum einnehmen, als eine Menge Wasser von gleichem Gewicht.

Wie groß in einem jeden Fall die Hölung eines Körpers seyn muß, wenn er schwimmen soll, lehrt uns die Geometrie finden; aber mit dergleichen Demonstrationen will ich Ihnen hier keine Langeweile machen. Indessen wird es Ihnen vielleicht angenehm seyn, die Sache durch ein Beyspiel in ein helleres Licht gesetzt zu sehen.

Gesetzt also, wir wollten unsern Cubikzoll Kupfer in eine hohle Kugel verwandeln, die auf dem Wasser schwimmen sollte, so würde es hierbey darauf ankommen, der Kugel einen solchen Umfang zu geben, daß sie einen größern Raum einnähme, als eine Menge Wasser von gleichem Gewicht. Nun wiegt ein Cubikzoll Kupfer 4400 Gran, ein Cubikzoll Wasser aber nur 500 Gran oder beynahe neunmal weniger. Man muß also beynahe neun Cubikzoll Wasser nehmen, um ein Gewicht zu erhalten, das dem Gewicht des Kupfers gleich kommt; und folglich muß auch die Kugel so groß gemacht werden, daß sie einen Raum von beynahe neun Cubikzollen einnimmt, wenn sie im Wasser nicht untergehen soll. Giebt man ihr eine Größe von neun vollen Cubikzollen, so wird sie eine Quantität Wasser aus der Stelle treiben, die 4500 Gran wiegt, mithin schon 100 Gran mehr, als ihr eignes Ge-

wicht beträgt; und also wird sie vollkommen schwimmen. Eine Kugel von dieser Größe aber erfordert einen Durchmesser von 2 Zollen und beynahe 7 Linien. Ihre Oberfläche beträgt etwa 20 Quadratzolle; das Kupfer würde also zu einer Fläche von dieser Größe ausgedehnt werden müssen, wobey es immer noch über eine halbe Linie dick bliebe.

Auf diese Weise also würde das Kupfer zum Schwimmen gebracht werden. Wollte man die Kugel noch größer machen, so würde auch die Kraft, mit der sie in die Höhe getrieben würde, noch größer werden. So könnte man aus unserm Cubikzoll füglich eine Kugel von 20 Cubikzollen Inhalt verfertigen. Diese würde immer nur 4400 Gran wiegen, der Widerstand aber, den sie im Wasser erlitte, würde so viel betragen, als das Gewicht von 20 Cubikzollen Wasser, oder von 20 mal 500 Gran, das ist, von 10000 Gran. Sie würde also nicht nur ihr ganzes Gewicht verlieren, sondern auch noch mit einer Kraft von 10000 weniger 4400 oder von 5600 Gran in die Höhe getrieben werden. Das heißt, man könnte sie noch mit einem Gewicht von 5600 Gran beschweren, ohne daß sie unterginge. Auf das Gewicht der in der Kugel eingeschlossenen Luft habe ich hier keine Rücksicht genommen, weil es so gering ist, daß es füglich bey Seite gesetzt werden kann.

Dieses Beyspiel wird hinreichend seyn, Ihnen zu zeigen, wie eine Masse, die eine viel größere spezifische Schwere, als das Wasser hat, durch die bloße Form, die man ihr giebt, dahin gebracht werden kann, daß sie nicht nur selbst im Wasser schwimmt, sondern auch noch ein ansehnliches Gewicht obendrein zu erhalten im Stande ist. Die Anwendung von diesen Erläuterungen auf die Luftbälle soll im nächsten Briefe folgen.

Zweyhundert und funfzehnter Brief.

Die Luft, welche unsere Erde umgiebt, ist eine Flüssigkeit, die sich zwar in vielen Stücken vom Wasser unterscheidet, aber darin ganz mit ihm übereinkommt, daß ein Körper, der spezifisch schwerer als sie ist, ebenfalls in ihr untergeht, und derjenige, der ein geringeres spezifisches Gewicht hat, in ihr schwimmt. Es findet also auch bey ihr die Regel statt, die ich in dem letzten Briefe von den Flüssigkeiten überhaupt angeführt habe, „daß ein Körper in ihr so viel von seinem Gewicht verliert, als die Menge Luft wiegt, deren Raum er einnimmt, oder die er aus der Stelle treibt.“ Man wird da-

her das Gewicht eines Körpers in der Luft, eben so gut wie im Wasser, vermindern können, wenn man ihm eine solche Form giebt, daß er einen größern Raum, als zuvor, einnimmt; und ist es möglich, diese Vergrößerung so weit zu treiben, daß die Luft, die er aus der Stelle treibt, mehr wiegt, als sein eignes Gewicht beträgt, so wird er nicht nur selbst in der Luft schwimmen, oder in die Höhe steigen, sondern auch wohl noch im Stande seyn, einen andern Körper mit sich hinaufzuziehen. Und so wäre der wahre Luftball fertig. Denn dieser ist nichts anders, als ein hohler Körper von einer solchen Größe, daß er den Raum einer Quantität Luft einnimmt, die mehr wiegt, als er selbst, mit allem, was in und an ihm ist.

Wenn die Sache so leicht ist, werden Sie sagen, woher kommt es denn, daß man die Luftschiffe erst so spät erfunden hat? In der That ist es nicht anders; daß aber diese Erfindung nicht früher gemacht worden ist, davon lag der Grund nicht in dem Mangel der theoretischen Kenntniß, sondern in der ausserordentlichen Schwierigkeit der praktischen Anwendung.

Zuerst muß der Stoff, von dem der hohle Körper gemacht werden soll, luftdicht seyn. Denn was würde es sonst helfen, ihm einen noch so großen Umfang zu geben, wenn die äußere Luft in ihn hinein-

bringen könnte. Es wäre eben so viel, als wenn man die kupferne Kugel bey dem vorigen Versuch durchlöchern, und dem Wasser den Eingang in ihr Inneres gestatten wollte. So wenig diese alsdann schwimmen würde, so wenig würde jener in die Höhe steigen. Die Hölung der Kugel muß nothwendig entweder ganz leer, oder doch mit einer leichtern Flüssigkeit, als die äussere ist, erfüllt seyn.

Gesetzt aber, man hätte einen solchen luftdichten Stoff, so ist die zweyte Schwierigkeit, wie man ihm die Form eines hohlen luftleeren Körpers giebt. Ist er biegsam, so wird er durch den Druck der äußern Luft zusammengedrückt werden; und wollte man ihn durch Drath, Fischbein, oder dergleichen, gegen diese Gewalt sicher stellen, so würde man von diesen Materialien so viel gebrauchen müßen, daß ihr Gewicht das Gewicht der Luft, deren Raum der Körper einnimmt, sicherlich überstiege.

Einen unbiegsamen Stoff aber, der hierzu tauglich wäre, kennen wir nicht; und Metall, worauf man noch zuerst verfallen möchte, läßt sich nicht so verarbeiten, daß es zu gleicher Zeit leicht und auch fest genug wäre. Wirklich hat man schon vor langer Zeit eine große luftleere Kugel von Kupfer zu einem Luftball vorgeschlagen; niemand aber hat noch ein so misliches Unternehmen versucht.

Diese großen praktischen Schwierigkeiten haben die glückliche Vollendung eines Luftschiffes so lange verzögert. Seitdem man aber in der brennbaren Luft eine elastische Flüssigkeit von einer viel geringern spezifischen Schwere, als die gemeine atmosphärische Luft, entdekt hatte, mußte man auch bald ihre große Brauchbarkeit zu Luftfahrzeugen einsehen. Einen bequemen Stoff, der luftdicht, und zugleich nicht allzuschwer ist, hatte man an dem Wachstaffet. Nun war die Aufgabe, einen Luftball zu Stande zu bringen, diese: aus Wachstaffet eine Kugel zu machen, die, mit brennbarer Luft gefüllt, leichter wäre, als eine Quantität atmosphärischer Luft von gleichem Inhalt.

Man schätzt das Gewicht eines Quadratfußes Wachstaffet auf 360 Gran; ferner einen Cubikfuß atmosphärischer Luft auf 670 Gran; und einen Cubikfuß brennbarer auf zehnmal weniger, das ist, auf 67 Gran. Aus diesen Angaben ist es nicht schwer, den Durchmesser einer Kugel von Wachstaffet und brennbarer Luft zu finden, die gerade so schwer ist, als die Quantität gemeiner Luft, die sie aus der Stelle treibt. Er ist ungefähr 3 Fuß und 7 Zoll (genauer 3,5820'); und eine Kugel von diesem Durchmesser hat eine Oberfläche von ungefähr

40 (richtiger 40,288) Quadratfußen, und einen Inhalt von 24 (oder 24,052) Cubikfußen.

Es gehören also zu dieser Kugel 40 Quadratfuß Wachstaffet und 24 Cubikfuß brennbare Luft; und das Gewicht dieser beyden Materien zusammengenommen, muß so groß seyn, als das Gewicht von 24 Cubikfußen gemeiner Luft. Da nun ein Quadratfuß Wachstaffet 360 Gran schwer ist, so wiegen 40 Quadratfuß 40 mal 360, das ist, 14400 Gran. Ferner ist das Gewicht von einem Cubikfuß brennbarer Luft 67 Gran, und folglich von 24 Cubikfußen 67 mal 24, das ist, 1608 Gran. Beydes zusammen macht 16008 Gran. Vier und zwanzig Cubikfuß gemeiner Luft aber wiegen 24mal 670 oder 16080 Gran; also noch etwas mehr als die Kugel*); folglich würde diese füglich in ihr schweben können.

In der Anwendung würde diese Rechnung unstreitig noch manche Abänderung erleiden müssen, denn erstens ist dabey weder der Einschlag in den Nähten, noch der Firniß und die Fäden zu den Nähten, noch endlich der Hals, durch den die Kugel gefüllt und verschlossen wird, in Betrachtung gezogen

*) Dieser Unterschied in den Gewichten rührt blos daher, daß hier keine Rücksicht auf die Brüche genommen ist, sonst würden sie genau übereinstimmen.

worden; zweytens würde es auch darauf ankommen, ob die brennbare Luft gerade zehnmal leichter wäre, als die atmosphärische, wie hier vorausgesetzt wird; denn wäre sie schwerer, so müßte die Kugel größer, wäre sie leichter, so müßte sie kleiner werden. Es ist hier aber meine Absicht nicht, Ihnen eine Anweisung zur Verfertigung von Luftbällen zu geben, sondern Sie nur mit den Gründen ihres Steigens und Fallens bekannt zu machen.

Weiß man erst, wie groß eine Kugel seyn muß, um in der Luft zu schweben, so kann man sich auch leicht eine verschaffen, die in ihr in die Höhe steigt, denn man darf sie nur größer machen. Und so werden Sie leicht beurtheilen, wie es möglich sey, Kugeln von einer solchen Größe zu verfertigen, die, außer ihrem eignen Gewicht, noch eine beträchtliche Last zu erheben im Stande sind, wie es bey den Luftschiffen der Fall ist.

Mein nächster Brief soll die Beschreibung eines Luftschiffes enthalten; jetzt aber muß ich Ihnen noch sagen, wie Sie sich auf eine leichte Art das Vergnügen verschaffen können, in Ihrem Zimmer wahre Luftbälle steigen zu lassen. Hierzu gehört weiter nichts, als eine mit brennbarer Luft gefüllte Blase, an welcher vorne ein Strohhalm befestigt ist, und ein bischen Seifenwasser. Man taucht den Halm in das Wasser, zieht ihn gleich wieder heraus, und

drückt die Blase sehr sanft, so entsteht eine Seifenblase, die man durch eine kleine Uebung sehr bald abwerfen lernt. Diese Seifenblasen steigen so gut, und aus eben den Gründen, wie die Luftbälle, in die Höhe, bis sie an der Decke des Zimmers zerplatzen.

Zweyhundert und sechzehnter Brief.

Die erste Luftreise in einem Fahrzeuge, das durch eine Kugel mit brennbarer Luft gehoben wurde, geschahe den ersten Dezember 1783. Sie wurde von Hrn. Prof. Charles und Hrn. Robert unternommen, die auch die Maschine selbst erfunden und verfertigt hatten.

Hier hatte die Kugel einen Durchmesser von 26 Fußen, und folglich eine Oberfläche von 2123 Quadratfußen, und einen Inhalt von 9200 Cubikfußen. — Rechnen wir den Cubikfuß atmosphärischer Luft wieder zu 670 Gran, so machen 9200 Cubikfuß 6,164000 Gran, oder etwas über 802 Pfund. Die Kugel nahm also den Raum einer Luftmasse von 802 Pfunden ein; betrug nun ihr

eigenes Gewicht weniger, so wurde sie von der Luft in die Höhe getrieben.

Nach unserer Annahme im vorigen Briefe hätte der Wachstaffet 2123 mal 360 Gran, und die brennbare Luft 9200 mal 67 Gran gewogen. Dieß würde zusammen ein Gewicht von ungefähr 180 Pfund gemacht haben. Zieht man dieß von 802 ab, so bleiben noch 622 Pfund. Man konnte also die Kugel mit 600 Pfund beschweren, und sie würde immer noch mit einer Kraft von 22 Pfunden emporgestiegen seyn. Allein das Gewicht der angehängten Gondel mit den dazu erforderlichen Seilen der beyden Reisenden und alles dessen, was sie mitnahmen, betrug ungefähr nur 500 Pfund. Die Maschine hätte daher nach dieser Rechnung mit einer Gewalt von 122 Pfunden aufsteigen müssen; sie stieg aber wirklich mit einer weit geringern Kraft, zum Beweis, daß die brennbare Luft lange nicht so gut war, als wir hier vorausgesetzt haben. Man darf sich darüber nicht wundern, da man bey diesem ersten Versuch mit den Vortheilen der Füllung noch so wenig bekannt war, daß man drey Tage damit zubrachte, anstatt daß bey einer gehörigen Behandlung wenige Stunden hinreichend gewesen wären.

Wie hoch aber, werden Sie fragen, wird das Luftschiff steigen? Wäre die Atmosphäre durchaus

von gleicher Dichtigkeit, so würde es sich, wie ein Holz im Wasser, bis auf ihre Oberfläche erheben, und hier fortschwimmen; da sie aber immer dünner wird, und ihre spezifische Schwere immer mehr abnimmt, je weiter sie von der Erde entfernt ist, so steigt es nur so lange, bis es in eine Gegend kommt, wo das Gewicht der Luft, die es aus der Stelle treibt, eben so groß, als sein eigenes ist. Hier steht es still, oder bewegt sich vielmehr in einer horizontalen Linie nach der Richtung des Windes fort. Bey der erwähnten Reise der Herren Charles und Robert hörte die Maschine schon in einer Höhe von etwa 300 Toisen auf, zu steigen. Nachdem sie sich aber niedergelassen hatten, und Hr. Robert ausgestiegen war, gieng Hr. Charles noch einmal in die Höhe und erhob sich nun bis auf 1500 Toisen, ungefähr eben so hoch, als die Spitze des Aetna reicht.

Um Ihnen in einer so interessanten Sache keine Dunkelheit übrig zu lassen, lege ich eine Abbildung von einem Luftschiff bey, wie es erscheint, wenn es steigt (Fig. 46). Ueber die Kugel ist ein starkes hanfenes Netz gehängt, wodurch sie bis zur Hälfte bedeckt wird, und von dem die Seile herabgehen, an welchen die Gondel befestigt ist. Die letztere ist von Weiden geflochten. An dem obern Theil der Kugel befindet sich eine Klappe, die sich nur nach innen zu öffnet, und die durch eine Feder verschlossen wird;

es geht ein Bindfaden von ihr durch den innern Raum der Kugel in die Gondel; wird dieser angezogen, so öffnet sich die Klappe, wird er nachgelassen, so schließt sie sich wieder zu. Diese Vorrichtung ist durchaus nothwendig, um der eingeschlossenen Luft einen Ausweg zu verschaffen, entweder, wenn man sich wieder auf die Erde herablassen will, oder, wenn sie sich in den höhern Gegenden der Atmosphäre wegen des geringern Widerstandes der äußern Luft zu stark ausdehnen, und den Ball in Gefahr bringen sollte, zu zerreißen. Man pflegt auch schon bey der Füllung auf diese Ausdehnung Rücksicht zu nehmen, und die Kugel nicht gleich anfangs ganz auszuspannen. Auch kann man den Hals, der von dem untern Ende der Kugel in die Gondel heruntergeht, aufbinden, sobald man merkt, daß sich die brennbare Luft zu stark ausdehnt.

Ich darf es aber wohl nicht unbemerkt lassen, daß diejenige Maschine, in der die erste Luftreise überhaupt gemacht wurde, nicht von der eben beschriebenen Art war. Es wurde gar keine brennbare, sondern eine durchs Feuer verdünnte gemeine Luft dazu gebraucht. Das Fahrzeug hatte daher auch eine etwas andere Einrichtung (s. Fig. 47). Die Kugel endigte sich in einen weiten Hals, um den von außen eine aus Weiden geflochtene Galerie lief, die den Luftfahrern zum Aufenthalt diente, und

die mit ihrem innern Rand an den Hals selbst befestigt, mit ihrem äußern aber an Stricken gebunden war, die von der Kugel herabgingen. Mitten unter der Oeffnung des Halses, innerhalb der Galerie hieng ein eiserner Drathkorb an eisernen Stangen, die von der Galerie herkamen. Er hieß die Gluthpfanne, weil bei einer Reise beständig Feuer in ihm unterhalten werden mußte. In die Seitenwand des Halses waren daher an verschiedenen Stellen Oeffnungen gemacht, damit die Personen, die sich auf der Galerie befänden, zur Gluthpfanne kommen, und für die Erhaltung des Feuers Sorge tragen könnten.

Da die Luft die Eigenschaft hat, durch die Wärme beträchtlich ausgedehnt und folglich verdünnt oder spezifisch leichter gemacht zu werden: so kann ein starkes Feuer die Luft innerhalb der Kugel nach und nach allerdings so sehr verdünnen, daß sie, nebst der ganzen Last der übrigen Maschiene, weniger wiegt, als eine Quantität atmosphärischer Luft von gleichem Inhalt. Ist dieß geschehen, so wird die Maschine in die Höhe steigen; und alsdann hängt alles von der Behandlung des Feuers in der Gluthpfanne ab; je nachdem man es verstärkt oder vermindert, je nachdem hat man es in seiner Gewalt, die Maschine höher zu erheben, oder herabzulassen. Sie sehen also, daß das Steigen dieser Montgolfieren

fieren auf denselben Gründen beruht, nach welchen die vorhin beschriebenen Aerostaten steigen. Allein da man die Luft nur mit Mühe durch ein heftiges Feuer bis zur Hälfte verdünnen kann, so müssen die Montgolfieren bey gleicher Wirkung viel größer seyn, als die andern Maschienen. Und da hierzu noch die Gefahr wegen des Feuers kommt, so hat man diesen sehr bald den Vorzug vor jenen gegeben.

Ein übler Umstand, der bey beyden Arten von Luftschiffen statt findet, ist dieser, daß man noch kein Mittel hat, sie gehörig zu lenken, und der Reisende also zu sehr der Willkühr der Luft und des Windes überlassen ist. Dieß, verbunden mit ihrer Kostbarkeit, ist auch wohl der Grund, warum sie bis jetzt noch nicht allgemeiner geworden sind, und warum man noch keinen Gebrauch von ihnen zum Nutzen der Wissenschaften und zum Vortheil des gemeinen Lebens zu machen angefangen hat. Ja es scheint vielmehr, als wären sie ganz in Vergessenheit gerathen. Aber wie traurig wäre es, wenn eine Kunst, die man Jahrtausende hindurch vergebens gewünscht und gesucht hat, nun, da sie erfunden ist, so bald wieder vernachlässigt werden und unbenutzt bleiben sollte! wenn man sie blos als ein Spielwerk zur Befriedigung der Neugierde betrachtete, und so wie alle Spielwerke aus Ueberdruß

bald wieder bey Seite legte! Lassen Sie uns lieber die Hoffnung unterhalten, daß günstigere Zeiten die Hindernisse, die ihrer Verbreitung noch entgegen stehen, aus dem Wege räumen, und die Vortheile, die sie dem Menschengeschlecht verspricht, ihm nicht entziehen werden.

Zweyhundert und siebzehnter Brief.

Unter den noch übrigen Luftarten verdient wohl die Salpeterluft am meisten Ihnen bekannt zu werden, da wir ihr eine nicht unwichtige, dem menschlichen Leben nützliche Erfindung zu verdanken haben. Die andern übergehe ich mit Stillschweigen, theils weil ihre Natur noch wenig untersucht ist, theils weil sie mehr für den Physiker, als für den bloßen Liebhaber der Naturlehre merkwürdig sind.

Die Salpeterluft wird nirgends in der Natur angetroffen, sondern ist ein bloßes Produkt der Kunst. Man erhält sie, wenn man Salpetersäure auf Metalle, besonders Silber, Kupfer oder Eisen gießt. Es läßt sich dabey dieselbe Geräthschaft gebrauchen, deren man sich zur Bereitung der brennbaren oder

fixen Luft bedient. Auch ist es gut, die Salpeter-säure mit Wasser zu verdünnen.

Nach einigen Physikern ist die Salpeterluft nichts anders, als eine Salpetersäure mit Phlogiston verbunden; nach andern aber macht der Salpeterstoff in Vereinigung mit einer gewissen Menge von Sauerstoff ihre Grundlage aus. — Sie löscht, wie alle mephitische Luftarten, das Feuer aus, und tödtet Thiere, selbst Insekten, augenblicklich. Man hat behauptet, daß sie die Farbe der Lakmustinktur, wie eine Säure, veränderte, und Milch gerinnen machte; bey einer geschickten Behandlung aber geschieht es nicht. Man muß sich nur hüten, daß sie nicht mit atmosphärischer oder dephlogistisirter Luft in Berührung kommt, so zeigt sie keine Eigenschaften einer Säure. Sie ist eben so wohl geschmack- als geruchlos. Der Fäulniß widersteht sie indeß ausserordentlich; und man kann Fleisch und Früchte lange Zeit in ihr aufbewahren, sie bekommen aber dadurch einen übeln Geruch und Geschmack.

Eine ihrer merkwürdigsten Eigenschaften besteht darin, daß, wenn sie mit atmosphärischer oder dephlogistisirter Luft vermischt wird, sie sich den Augenblick zersetzt oder zerstört, so daß sie aufhört weiter eine Luftart zu seyn. Man sieht alsdann an ihrer Stelle nur rothe Dämpfe zum Vorschein kom-

men, die sich sehr leicht mit dem Wasser vermischen, ihm einen sauren Geschmack geben, und alle Eigenschaften einer Salpetersäure haben. Es erzeugt sich bey dieser Verwandlung eine merkliche Wärme; die atmosphärische oder dephlogistisirte Luft erleidet eine Verminderung ihres Umfangs, die desto beträchtlicher ist, je reiner sie war; und was übrig bleibt, ist wahre phlogistische, zum Athmen untaugliche Luft.

Diese Erscheinung wird von den verschiedenen Partheyen verschiedentlich erklärt. Diejenigen, welche die Salpeterluft für eine Verbindung der Salpetersäure mit dem Phlogiston ansehen, sagen, das Phlogiston würde der Salpeterluft von der reinen Luft entzogen, es bliebe also die Salpetersäure allein zurück, die ohne das Phlogiston keine Luftart bilden könne, und unter der Gestalt rother Dämpfe sichtbar würde. Die reine Luft veränderte durch die Aufnahme des Phlogistons ebenfalls ihren Zustand, und dadurch entstände die Verminderung des Umfangs; das Feuer, das bey dieser Zersetzung frey würde, brächte die Wärme hervor; und der Rückstand wäre die in den gemischten Luftarten vorhandene phlogistische Luft.

Nach der Erklärung der entgegengesetzten Partheyen aber, die von keinem Phlogiston etwas wissen will, verbindet sich der Grundstoff der Salpeterluft

mit dem Sauerstoff, als dem Grundstoff der dephlogistisirten Luft, und bilden zusammen die Salpetersäure, die als ein Dampf zum Vorschein kommt. Da hierdurch die reine Luft zerstört wird, so bleibt blos die vorhandene phlogistische Luft übrig; und der Feuerstoff, der bey der Zersetzung einer jeden Luftart frey wird, ist die Ursache der Wärme.

Dem sey übrigens wie ihm wolle, so hat man auf diese Eigenschaft der Salpeterluft ein Instrument gegründet, das zwar nicht ganz den Vortheil gewährt, den sein Name verspricht, das aber dennoch von mannichfaltigem Nutzen ist — ich meine das Eudiometer. Dieses Werkzeug soll dazu dienen, die Güte oder Reinheit der Luft zu bestimmen. Und da die Luft, die wir athmen, einen so wesentlichen Einfluß auf unsere Gesundheit und Leben hat, so wäre ein Instrument, wodurch wir den Grad ihrer Heilsamkeit an dem jedesmaligen Ort unsers Aufenthaltes mit Gewißheit erfahren könnten, in der That eine der nützlichsten Erfindungen. In Ermangelung eines zuverlässigen Mittels aber müssen wir uns unterdessen mit den unvollkommenern begnügen, die uns unsere gegenwärtige Kenntniß der Natur an die Hand gibt, und zu welchen auch das gedachte Eudiometer gehört.

Das Wesentliche dieses Instruments besteht darin, daß es die Verminderung anzeigt, welche bey

der Vermischung einer bestimmten Quantität von derjenigen Luft, die man prüfen will, mit einer gleichfalls bestimmten Menge Salpeterluft, hervorgebracht wird. Da die Verminderung desto mehr beträgt, je reiner die zu prüfende Luft ist, so sehen Sie wohl, in wie fern das Instrument dazu dient, die Güte der Luft anzuzeigen.

Es giebt sehr viele Arten von Eudiometern; eines der bequemsten und brauchbarsten ist das verbesserte Fontanaische. Es besteht aus einer ungefähr 12 Zoll langen und einen halben Zoll weiten gläsernen Röhre, die an dem einen Ende offen und an dem andern verschlossen, und in drey bis vier gleiche Theile abgetheilt ist. Jede dieser Hauptabtheilungen hat wieder hundert gleiche Unterabtheilungen, die jedoch nicht auf dem Glase selbst, sondern auf einer an der Röhre befestigten messingenen Skale bemerkt sind. Außerdem gehört noch eine kleine Röhre dazu, die das Maaß genannt wird, und die genau so viel in sich faßt, als eine Hauptabtheilung der großen Röhre; sie ist mit einem bequemen Handgrif und einem Schieber versehen.

Soll das Instrument gebraucht werden, so wird die große Röhre ganz mit Wasser gefüllt, und über die Oeffnung in dem Bret der Priestley'schen Wanne gebracht. Alsdann läßt man etwa zwey Maaß von der Luft, die man prüfen will, in ihr

hinaufsteigen. Diese werden zwey Hauptabtheilungen, oder, da jede Hauptabtheilung in 100 Unterabtheilungen getheilt ist, 200 Unterabtheilungen einnehmen. Darauf läßt man ein oder zwey Maaß Salpeterluft dazu, schüttelt das ganze Instrument vorsichtig unter dem Wasser, um die Luftarten recht zu vermischen, und hängt es dann an einem dazu bestimmten Haken an der innern Seite der Wanne so auf, daß das Wasser in der Röhre gerade so hoch als in der Wanne steht: so kann man aus dem Stand des Wassers sehen, wie viel die Verminderung beträgt. Wäre gar keine erfolgt, so müßte die Mischung genau 3 oder 4 Hauptabtheilungen einnehmen, je nachdem man 1 oder 2 Maaß Salpeterluft zugesezt hätte; und das würde ein Beweis seyn, daß die zu prüfende Luftart völlig irrespirabel wäre. Bey einer guten dephlogistisirten Luft aber würde man nur ein Maaß und noch weniger übrig behalten.

Was aber dieses Instrument sehr unvollkommen macht, ist, daß es nicht die Schädlichkeit der Luft überhaupt, sondern nur eine gewisse Art der Schädlichkeit anzeigt. Denn es kann eine Luftart der Gesundheit sehr nachtheilig seyn: so lange sie nur noch so viel dephlogistisirte Luft enthält, als nöthig ist, um die Salpeterluft zu zersetzen; so wird sich bey der Prüfung eine Verminderung finden, wie bey ei-

ner wirklich heilsamen Luft, und wir können dadurch irre geleitet werden. Ferner kommt dabey so viel auf die Salpeterluft selbst an, deren man sich zur Prüfung bedient; und es ist doch unmöglich, diese beständig gleich gut zu bekommen. Man kann also wohl die größere oder geringere Verminderung der gemischten Luftgattungen, nicht aber — was man von einem Luftgütemesser allerdings fordern dürfte — den Grad der Luftgüte genau bestimmen. Demungeachtet bleibt das Eudiometer in der Hand des Physikers immer ein brauchbares Werkzeug; bey einiger Uebung und bey einer gehörigen Aufmerksamkeit auf die übrigen, die Versuche begleitenden, Umstände wird er selten zu fehlerhaften Schlüssen dadurch verleitet werden.

Zweyhundert und achtzehnter Brief.

Ehe ich meine schriftlichen Unterhaltungen mit Ihnen gänzlich schließe, muß ich Ihnen, meinem Versprechen gemäß, noch etwas vom Feuer sagen. Der Einfluß desselben auf unsern Erdkreis ist so groß, der Nutzen, den es uns gewährt, so

unermeßlich, daß es von jeher die Aufmerksamkeit der Naturforscher in vorzüglichem Grade auf sich gezogen hat; aber so wunderbar ist die Natur dieses Elements, daß sie bis jetzt noch immer ein Geheimniß geblieben ist. So gemein die Erscheinungen sind, daß aus einem kleinen Funken eine furchtbare Flamme entsteht, feste Materien in flüssige verwandelt, dichte Körper aufgelöst und zerstört werden: so schwer läßt es sich entscheiden, wie diese Wirkungen geschehen. Kommt das Feuer aus der verbrennenden Materie, oder aus der umgebenden Luft? verbindet es sich mit den Bestandtheilen der Körper zu Einem Stoffe, oder durchdringt es blos ihre Zwischenräume? ist es wirklich eine eigne Substanz, oder blos eine Modifikation einer andern Materie? und wenn das erste, ist sie einfach oder zusammengesetzt?

Zu gutem Glück hängt von der Auflösung dieser Fragen nicht der Gebrauch des Feuers ab, und man hat sich bisher an seinen Strahlen erwärmt, seine Speisen daran zubereitet, und es zu tausend andern Zwecken angewandt, ohne seine Natur zu kennen, ja meistentheils ohne sich darum zu bekümmern. Deßwegen aber darf man die Untersuchungen darüber nicht für überflüssig und unnütz halten. Es ist oft in physischen Dingen, wie mit moralischen Gegenständen; man hat von jeher einen Unterschied

zwischen Recht und Unrecht gemacht; man hat lange gewußt, daß man jenes thun, und dieses unterlassen müsse; um den höchsten Grundsatz der Moral aber wird bis auf den heutigen Tag gestritten. Dennoch ist es für die Philosophie eben so wichtig, diesen Grundsatz, als für die Physik, die Beschaffenheit des Feuers außer Zweifel zu setzen; uud zuverlässig bleiben die Vortheile von beyden nicht innerhalb der Grenzen ihrer Wissenschaften eingeschlossen, sondern gehen von hier auf das gemeine Leben über.

Um in einer dunkeln Materie nicht noch dunkler zu werden, ist es nöthig, daß wir vorher über die Begriffe einiger Ausdrücke übereinkommen. So wie man das Wort Elektrizität nicht blos von dem Zustand eines elektrisirten Körpers, sondern auch von der Ursach, die diesen Zustand hervorbringt, oder von der elektrischen Materie selbst braucht; so pflegt man auch durch den Ausdruck Wärme bald die Wirkung, die ein erwärmter Körper auf unser Gefühl hat, bald den Zustand des Körpers, wenn er die Empfindung der Wärme in uns hervorbringen kann, bald die Ursache selbst, die den Körper warm macht, zu bezeichnen. Aus dieser Vermischung von Ursach und Wirkung entspringt sehr leicht eine Unbestimmtheit und Verwirrung der Begriffe; um diese zu vermeiden, wollen wir die Ursache der

Wärme lieber Wärmemateriе oder Wärmestoff nennen, und das Wort Wärme blos in den beyden ersten Bedeutungen gebrauchen, wo es die Wirkung des Wärmestoffes theils auf unsere Organe, theils auf unbelebte Körper bezeichnet. Freylich wird dabey vorausgesetzt, daß die Ursache der Wärme etwas Materielles, ein besonderer Stoff sey, und nicht, wie einige geglaubt haben, in Schwingungen oder Bewegungen der kleinsten Theilchen des erwärmten Körpers bestehe. Allein da es nothwendig ist, hier eine bestimmte Sprache zu führen, und die letztere Meinung aus Gründen, — die Sie in der Folge einsehen werden — jetzt wenig oder gar keinen Beyfall mehr findet, so ist diese Voraussetzung nicht zu gewagt.

Einen hohen Grad der Wärme nennen wir Hize, und das Gegentheil derselben, Kälte. Beyde Ausdrücke bezeichnen also ebenfalls sowohl eine Empfindung in uns, als eine gewisse Beschaffenheit in den leblosen Körpern. Der Begriff der Kälte wird weiter unten noch genauer bestimmt werden.

Das Feuer ist von dem Wärmestoff noch verschieden, da es nicht nur Wärme, sondern auch Licht oder Helligkeit hervorbringt. Es ist eine ganz andere Wirkung, die ein erwärmter Ofen, und die ein glühendes Eisen oder eine Lichtflamme auf uns haben: jener wirkt blos auf unser Gefühl,

diese aber treffen zwey Sinne zugleich, das Gefühl und das Gesicht. Wir müssen also auch die Ursachen unterscheiden: dort ist es der Wärmestoff, hier das Feuer, dessen Einfluß wir empfinden. Unterdessen ist doch das Feuer, in so fern es Wärme hervorbringt, dem Wärmestoff ganz gleich, und wir bedienen uns auch desselben in den meisten Fällen, wo wir blos Wärme, ohne Helligkeit, hervorbringen wollen. Man könnte es daher als einen leuchtenden Wärmestoff ansehen, und ihm dieselben Eigenschaften beylegen, die dem Wärmestoff zukommen, vor dem es nur noch das Leuchten voraus hat. Vor der Hand müssen wir sogar diesen Unterschied ein wenig bey Seite setzen, und Wärmestoff und Feuer fast gleichbedeutend brauchen, ohnerachtet beyde wirklich verschieden sind. In der Folge soll die Art ihrer Verschiedenheit hinlänglich aus einander gesetzt werden.

Auch dürfen wir Licht und Feuer nicht mit einander verwechseln. Denn so häufig auch beyde in ihren Wirkungen einander ähnlich sind, so viele Fälle gibt es, wo sie ganz von einander abweichen. Die ausschließende Wirkung des Lichts ist Helligkeit; und wo diese mit Wärme in Verbindung ist, wie bey den Sonnenstrahlen, da müssen wir erst untersuchen, ob die letztere auch unmittelbar von dem Licht herrührt. Wir treffen ja nicht selten Licht

ohne Wärme an, wie in den Johanniswürmchen, im faulen Holz, und andern phosphorescirenden Körpern. Das Licht einer Flamme pflanzt sich meilenweit fort, ihre Wärme aber erstreckt sich nur auf eine sehr kleine Entfernung.

Es ist schon zu einer andern Zeit bemerkt worden*), daß dieselben Ursachen, die die Körper erwärmen, der Wärmestoff und das Feuer, zugleich die Wirkung haben, sie auszudehnen. Nehmen Sie z. B. eine Blase, die nur zum Theil mit Luft gefüllt und fest zugebunden ist, und halten sie über ein Feuer, so wird sie nach und nach immer stärker ausgespannt werden; und dieß kann so weit gehen, daß sie endlich zerplatzt. Diese Wirkung hat viel Aehnlichkeit mit der Wirkung des Wassers auf verschiedene Körper: wenn man einen Schwamm ins Wasser taucht, so schwillt er zusehends auf; macht man Holz, Stricke, Thon, und andre Materien, naß, so werden sie dicker und dehnen sich mit großer Gewalt aus. Hier ist die Ursach dieser Erscheinung sehr klar: das Wasser dringt nehmlich in die Zwischenräume der Körper und treibt ihre Theilchen weiter aus einander. Wir können also annehmen, daß es mit der Wirkung des Wärmestoffes eben so beschaffen sey. Auch er dringt in die Poren der Körper ein, und nöthigt ihre kleinsten

*) S. den 15ten Brief des ersten Bandes.

Theilchen sich weiter von einander zu entfernen. Und schon dieß berechtigt uns, ihn uns als eine Flüssigkeit, und zwar als eine sehr feine Flüssigkeit vorzustellen, da er auch die dichtesten Körper zu durchdringen im Stande ist.

So wie aber das Wasser nicht alle Körper in gleichem Grade ausdehnt, so erleiden auch nicht alle durch den Wärmestoff eine gleiche Veränderung ihres Volumens. Einige, wie die Luftarten, werden schon bey einem geringen Grad der Wärme merklich ausgedehnt; bey andern, wie bey den Metallen, muß man eine größere Hitze und künstlichere Mittel anwenden, um ihre Ausdehnung sichtbar zu machen. So allgemein also auch das Gesetz ist, daß der Wärmestoff die Körper ausdehnt, so werden doch nicht alle Körper bey gleichen Graden der Wärme gleich stark ausgedehnt, sondern einige mehr, andre weniger.

Ja es gibt Fälle, wo die Erwärmung eine entgegengesetzte Wirkung zu haben scheint. Wenn man nasses Holz oder nassen Thon dem Feuer aussetzt, so ziehen sie sich zusammen. Diese Ausnahme ist aber nur scheinbar, denn die Körper werden durch das in ihren Poren befindliche Wasser ausgedehnt, und das Feuer hat die Eigenschaft, eher auf das Wasser, als auf die festen Theile zu wirken; es treibt jenes aus den Poren heraus, und macht, daß

die Theilchen sich einander wieder bis auf ihre natürliche Entfernung nähern können. Hier ist also die Zusammenziehung keine unmittelbare, sondern nur eine mittelbare Wirkung des Feuers. Ist alle Feuchtigkeit aus dem Körper vertrieben, und man fährt mit der Erhitzung fort, so wird er wirklich ausgedehnt.

Nimmt die Wärme in einem Körper ab, so zieht er sich wieder zusammen. Dieß geschieht aber bey den wenigsten Körpern mit einer solchen Regelmäßigkeit, daß sie bey dem nehmlichen Grad der Erkaltung immer genau dasselbe Volumen haben sollten. Einige nehmen sogar an Größe zu, wenn sie erkalten. So dehnt sich z. B. das Wasser, wenn es gefrieret, aus, und nimmt als Eis einen größern Raum ein, als in seinem flüssigen Zustande. Dasselbe thut das geschmolzene Eisen, und einige andre flüssige Körper, wenn sie so weit erkalten, daß sie in feste Körper verwandelt werden. Aber Sie sehen leicht ein, daß dieß ebenfalls nur eine scheinbare Abweichung von der Regel ist. Denn da sich bey diesen Körpern nicht blos der Grad der Wärme vermindert, sondern ihre ganze Natur verändert — indem sie aus flüssigen Materien in feste verwandelt werden — so kommen hier noch andere Kräfte ins Spiel, die, der Erkaltung ohnerachtet, den Körper ausdehnen. Es ist nicht mehr der ein-

fache umgekehrte Prozeß der Erwärmung, sondern eine zusammengesetzte Wirkung, die nicht unter jener Regel begriffen ist.

Zweyhundert und neunzehnter Brief.

Die ausserordentliche Feinheit des Wärmestoffs zeigt sich nicht bloß dadurch, daß er selbst die dichtesten Materien zu durchdringen im Stande ist, sondern sie läßt sich auch daraus abnehmen, daß er das Gewicht der Körper, die er erfüllt, nicht im mindesten vermehrt. Wenn Sie einen Stein, oder ein Stück Metall, dessen Schwere Ihnen genau bekannt ist, noch so sehr erhitzen, und es dann auf die empfindlichste Wage bringen, so werden Sie nicht die geringste Gewichtszunahme bemerken können, vorausgesetzt daß es seine Natur nicht verändert hat. Hieraus folgt, daß die Körper, wenn sie durch den Wärmestoff ausgedehnt werden, an spezifischer Schwere verlieren müssen; denn sie fassen alsdann weniger materielle Theilchen, als zuvor, in demselben Raum in sich, und der hinzugekommene Wärmestoff thut nichts zur Vermehrung ihres Gewichts. Bey flüssigen Körpern ist dieser Unterschied

merk-

merklicher, als bey den festen, weil sie mehr als diese ausgedehnt werden. Sie haben gesehen, daß die Luft in den Montgolfieren blos durchs Feuer so sehr ausgedehnt wird, daß sie die gemeine atmosphärische Luft an Leichtigkeit weit übertrifft, und mit einer sehr ansehnlichen Kraft in ihr in die Höhe steigt. Wenn man daher die spezifischen Schweren verschiedener Flüssigkeiten gegen einander bestimmen will, so ist es nothwendig, daß sie alle einen gleichen Grad der Wärme haben.

Man hat hohle gläserne Kugeln, die in kaltem Weingeist schwimmen, und in erwärmten untergehen. Sie sehen leicht, wie das zugeht: ein Körper schwimmt in einer Flüssigkeit, wenn seine spezifische Schwere geringer als die ihrige ist, und gehet unter, wenn das Gegentheil statt findet. Nun kann der kalte Weingeist eine größere spezifische Schwere haben, als die Kugeln; folglich werden sie in ihm schwimmen. Wird er aber durch die Erwärmung so ausgedehnt, daß die spezifische Schwere der Kugeln die seinige übertrifft, so sinken sie darin zu Boden.

Die Ausdehnung, die mit der Wärme verbunden ist, ist auch die Ursache, warum Gläser am Feuer und auf dem heißen Ofen so leicht zerspringen. Ihre äußere Seite wird durch den Wärmestoff ausgedehnt, ehe noch die innere gehörig erwärmt ist. Diese un-

gleiche Spannung macht, daß das Glas sich anfängt zu biegen; und, weil es spröde ist, zerbricht. Dünne Gläser, die sich schnell durch und durch in gleichem Grade erwärmen, sind der Gefahr des Zerspringens weniger unterworfen. Auch ist es bekannt, daß man das Zerspringen verhüten kann, wenn man dem Glase ein Blatt Papier unterlegt, weil dieses den Wärmestoff sehr langsam durch sich hindurch läßt; das Glas wird also nicht so plötzlich von außen erhitzt, während es von innen noch kalt ist, sondern erwärmt sich allmählig und auf eine gleichförmigere Weise. Denselben Endzweck erreicht man, wenn man es nach und nach erhitzt. Mit dieser Vorsicht kann man es zuletzt einem sehr heftigen Feuer aussetzen. Bey der oben beschriebenen Bereitungsart der brennbaren oder der salpeterartigen Luft erhitzen sich die Flaschen, ohne zu zerspringen, bisweilen so sehr, daß man sie kaum anfassen kann. Und noch größer ist die Hitze, welche die gläsernen Retorten bey der Bereitung der dephlogistisirten Luft und andern chemischen Operationen auszustehen haben.

Da die Abwechselungen der Wärme und Kälte auf unserer Erde so groß sind, so müssen daraus häufige Veränderungen in der Größe der Körper entstehen; bald werden sie sich ausdehnen, bald wieder zusammenziehen, je nachdem die natürliche Wärme

in ihnen zu- oder abnimmt. Die Natur bedient sich dieses Mittels zu mancherley Zwecken. Der Saft in den Bäumen zieht sich gegen den Winter nach den Wurzeln, um unter der Erde vor dem Frost geschützt zu bleiben, und mit der wiederkehrenden Wärme des Frühlings tritt er in den Stamm zurück.

Nicht so vortheilhaft ist diese Wirkung auf manche von unsern Maschinen. Ich will nur bey den Pendeluhren stehen bleiben. Sie werden wissen, daß der Gang dieser Uhren durch die Länge des Pendels bestimmt wird: ein längeres Pendel macht, daß sie langsamer, und ein kürzeres, daß sie geschwinder gehen. Soll daher eine Uhr einen gleichförmigen Gang haben, so darf sich die Länge ihres Pendels niemals ändern. Dieß ist aber bey einem gewöhnlichen Pendel unmöglich, so lange es dem Einfluß der Witterung ausgesetzt ist; denn bey einer wärmern Temperatur dehnt es sich aus, und bey einer kältern zieht es sich wieder zusammen. Die Uhr wird also bald langsamer, bald geschwinder gehen. Im gemeinen Leben und bey gewöhnlichen Uhren hat dieß nicht viel zu sagen; aber bey Uhren, die zu astronomischen Beobachtungen bestimmt sind, und einen genauen, gleichförmigen Gang haben müssen, ist es allerdings ein verdrüßlicher Umstand.

Um diesem Uebel abzuhelfen, hat man das galgenartige oder rostförmige Pendel erfunden, das so sinnreich ausgedacht ist, daß ich es der Mühe werth halte, Ihnen wenigstens im allgemeinen einen Begriff davon zu geben. Es besteht nicht, wie die gemeinen Pendel, aus einer einzelnen Stange und einem Gewicht, sondern es sind mehrere Stäbe, von verschiedenem Metall, so mit einander verbunden, daß sie sich nach entgegengesetzten Richtungen ausdehnen, und daß das, was das Pendel durch die Ausdehnung der einen an Länge gewinnt, durch die Ausdehnung der andern wieder aufgehoben wird.

Stellen Sie sich vor, es wären die metallenen Stäbe, AB, AB (Fig. 48.) durch die Queerstäbe AA und BB zu einem länglichten Parallelogramm verbunden, auf dem untern Queerstab, AA, ruhe der Galgen CDDC, an dessen obern Balken, DD, die Pendelstange, FE, befestigt sey: so ist klar, daß, wenn die Stäbe AB, AB sich ausdehnen, der Stab AA weiter von BB entfernt wird, und zusammt dem Galgen CDDC herunter sinkt, mithin das Pendel an Länge zunimmt. Zu gleicher Zeit aber werden sich auch die Stäbe CD, CD ausdehnen, und den Queerbalken DD mit der daran befindlichen Pendelstange FE in die Höhe heben, und so das Pendel wieder verkürzen. Endlich wird sich auch die Pen-

delstange FE ausdehnen, und zur Verlängerung des Pendels beytragen. Es kommt also nur darauf an, daß diese verschiedenen Ausdehnungen in einem solchen Verhältniß unter einander stehen, daß sie sich gegenseitig aufheben. Und dieses Verhältniß erlangen wir, wenn wir annehmen, daß die Stäbe AB, AB und EF von einerley Metall, z. B. von Eisen, wären, hingegen die Stäbe CD, CD aus einem andern Metall beständen, das sich bey gleichen Graden der Wärme noch einmal so stark als jenes ausdehnte. Denn gesetzt, AB, AB dehnten sich alsdann um einen Zoll aus, so würde nicht nur der Queerstab AA, und mit ihm der innere Galgen CDDC um einen Zoll herabsinken, sondern auch die Pendelstange FE um eben so viel ausgedehnt, und folglich das Pendel um zwey Zoll verlängert werden. Zu gleicher Zeit aber würden sich auch die Stäbe CD, CD ausdehnen, und zwar um noch einmal so viel, als AB, das ist, um zwey Zoll; sie würden also den Queerbalken DD nebst der Pendelstange FE wieder um zwey Zoll erheben, oder das ganze Pendel um so viel verkürzen. Das Pendel würde also um zwey Zoll verlängert, und um zwey Zoll verkürzt werden, das heißt, es bliebe so lang, als es vorher war.

Freylich muß ich Ihnen sagen, daß man keine zwey Metalle hat, die in Rücksicht ihrer Ausdeh-

nung in dem angenommenen Verhältniß gegen einander stünden, oder, wovon das eine sich bey einem gleichen Grad der Wärme noch einmal so stark, als das andere ausdehnte. Allein es giebt doch Metalle, die sich bey gleicher Erwärmung sehr ungleich ausdehnen, und das ist genug. Denn wenn man alsdann seinen Endzweck auch nicht durch zwey Galgen, wie es in unserm Beyspiel der Fall ist, erreichen kann, so darf man nur mehrere mit einander verbinden. Gemeiniglich bestehen diese Pendel aus 9 oder 11 vertikalen Stäben oder aus 4 bis 5 Galgen und der Pendelstange. Da aber meine Absicht nur war, Ihnen eine deutliche Vorstellung von der Art dieser Zusammensetzung überhaupt zu verschaffen, so glaubte ich, daß das einfachste Verhältniß hierzu am zweckmäßigsten wäre.

Zweyhundert und zwanzigster Brief.

Eines der gemeinsten und beliebtesten physikalischen Instrumente ist ohne Zweifel das Thermometer oder der Wärmemesser, der uns die Grade der Wärme und Kälte anzeigt. Die Einrichtung desselben beruht ganz auf den Wirkungen

des Wärmestoffes, von denen wir bisher gesprochen haben; ich glaube also hier eine bequeme Gelegenheit zu haben, Ihnen eine so umständliche Beschreibung davon zu machen, als es der Zweck unsrer Unterhaltungen erfordert. Ich erlange dadurch zugleich den Vortheil, mich in der Folge, wenn von verschiedenen Graden der Wärme die Rede seyn wird, bestimmter und verständlicher ausdrücken zu können.

Da ein Körper sich ausdehnt, wenn er erwärmt wird, und sich zusammenzieht, wenn er erkaltet; so kann man von den Veränderungen seiner Größe auf die Veränderungen seiner Wärme schließen. In so fern könnte ein jeder Körper zum Thermometer dienen. Allein die wenigsten sind von der Beschaffenheit, daß sie auch bey mäßigen Veränderungen der Wärme und Kälte ihr Volumen merklich ändern, geschweige, daß sie sich in eben dem Maaße ausdehnen oder zusammenziehen sollten, in welchem die Wärme in ihnen zu- oder abnimmt; das heißt, bey einem doppelten Grad der Wärme noch einmal so viel, bey einem dreyfachen dreymal so viel u. s. w. Beydes aber ist zu einem Thermometer nothwendig; es muß gegen die geringsten Veränderungen der Temperatur empfindlich seyn, und nicht blos die Zu- oder Abnahme der Wärme überhaupt anzeigen, sondern die Größe derselben bestimmen.

Kein Körper besitzt diese Eigenschaften in einem höhern Grade, als die Luft; und sie wurde daher auch zu den ersten Thermometern gebraucht. Man nahm eine gläserne Röhre AB (Fig. 49.), die an dem einen Ende offen und an dem andern mit einer Kugel versehen war, und stellte sie, wie es die Figur zeigt, in ein Glas mit gefärbtem Wasser. Die Röhre selbst wurde bis auf eine gewisse Höhe, etwa bis M, mit diesem Wasser gefüllt*); in dem Raum von A bis M aber befand sich die Luft. So wie diese erwärmt wurde, und sich ausdehnte, so trieb sie das Wasser weiter herunter; zog sie sich aber zusammen, so machte der Druck der äußern Luft auf das Wasser im Glase, daß es in die Röhre herauf trat. Stand also das Wasser in der Röhre unter M, so war es ein Zeichen, daß die Wärme zugenommen, stand es darüber, daß sie abgenommen hatte. Die Kugel war, wie Sie sehen, zu dem Ende da, damit auch eine geringe Ausdehnung oder Zusammenziehung der darin enthaltenen Luft, eine merkliche Veränderung in dem Stand des Wassers hervorbringen möchte. Denn nehmen

*) Dieß geschieht, wenn man die Kugel erwärmt, und das Ende der Röhre in das Wasser taucht; so bald die Luft wieder erkaltet, und sich zusammenzieht, treibt der Druck der Atmosphäre das Wasser in die Röhre hinein.

Sie an, der hundertste Theil der Kugel betrage so viel, als ein Zoll von der Röhre, oder der Inhalt der Kugel sey hundertmal so groß, als der Inhalt eines Zolles der Röhre, so darf sich die Luft in der Kugel nur um ihren hundertsten Theil ausdehnen oder zusammenziehen, um zu machen, daß das Wasser einen Zoll unter M sinke, oder sich darüber erhebe.

Dieses Thermometer, das von seinem Erfinder das Drebbel'sche heißt, und sehr empfindlich ist, hat den wesentlichen Fehler, daß nicht nur die Veränderungen der Wärme und Kälte, sondern auch der Druck der Atmosphäre auf seinen Stand einen Einfluß haben. Drückt die Luft stärker, so wird die Flüssigkeit im Glase genöthigt, höher in die Röhre hinauf zu steigen, gerade als ob es kälter geworden wäre; und nimmt der Druck der Atmosphäre ab, so erfolgt das Gegentheil; das Wasser sinkt, nicht anders, als ob die Wärme zugenommen hätte.

In der Folge wurde zwar diesem Fehler abgeholfen, und das Lufthermometer erhielt eine andere Gestalt; aber auch unter dieser hatte es noch mancherley Mängel, so daß es nie in Aufnahme kam.

Man machte darauf Versuche mit andern Materien, vorzüglich mit dem Weingeist, der gegen die Veränderungen der Wärme und Kälte sehr em-

pfindlich ist. Man nahm wieder eine gläserne Röhre mit einer Kugel (Fig. 50) füllte sie ungefähr bis M mit gefärbtem Weingeist, machte den übrigen Theil bis A so viel als möglich luftleer, und schmolz alsdann das Ende A zu. Die Röhre befestigte man auf einem Bretchen, auf dem die Grade verzeichnet wurden.

Allein nun entstand die große Schwierigkeit, auf welche Weise die Grade bestimmt werden sollten. Denn so leicht es auch ist, den Raum von A bis B in eine gewisse Anzahl gleicher Theile zu theilen, so kommt doch alles darauf an, daß die Eintheilung allgemein verständlich sey. Es ist nicht genug, daß man sagen kann, ob die Wärme seit gestern um 10, 12 Grade zu- oder abgenommen habe, sondern es müßten auch andere verstehen können, was z. B. eine Wärme von 20, 30 u. s. w. Graden sey, ob man dabey vor Frost erstarren, oder vor Hitze zerschmelzen möchte. Sie begreifen leicht, daß man diese Absicht noch nicht erreicht, wenn man der Röhre AB eine bestimmte Länge und eine bestimmte Anzahl von Graden giebt, und den Weingeist bis auf eine allgemein angenommene Höhe einfüllt. Denn anderer Ursachen nicht zu gedenken, so würde schon allein daraus die größte Ungleichheit unter den Thermometern entstehen, daß es unmöglich ist, sie alle bey einerley Temperatur der Luft zu verfertigen.

Wäre also die angenommene Höhe etwa 20 Grad, so würde diese Anzahl von Graden nicht bey allen Thermometern dieselbe Temperatur anzeigen, sondern bey einem jeden diejenige, bey der es verfertigt wurde; und das könnte bey dem einen eine heftige Kälte, bey dem andern eine drückende Wärme seyn.

Wenn also das Thermometer ein brauchbares Instrument werden sollte, so mußte man nothwendig eine solche Eintheilungsart erfinden, nach der man, unabhängig von der Witterung und dem Klima, auch in verschiedenen Ländern übereinstimmende Thermometer zu verfertigen im Stande wäre, das heißt, solche, die bey gleicher Intensität der Wärme gleich viel Grade anzeigten. Hierzu war schon ein großer Schritt durch die Entdeckung gemacht worden, daß die Hitze des kochenden Wassers sich immer gleich sey, oder daß der Weingeist in einem Thermometer immer auf denselben Punkt zu stehen komme, wenn die Kugel in kochendes Wasser getaucht wird. Man hatte nun wenigstens einen festen Punkt, der sich überall und zu jeder Zeit ziemlich genau bestimmen ließ, und wenn man von einer Hitze sprach, die der Hitze des kochenden Wassers gleich sey, so konnte ein jeder leicht sehen, wie viel Grade dieß nach seinem Thermometer machte, wenn er die Kugel desselben in kochendes Was-

ser senkte. Aber dieser Punkt allein war zu einer übereinstimmenden Eintheilung oder zu einer allgemeinen Skale noch nicht hinreichend. Denn es wird Ihnen ohne meine Erinnerung klar seyn, daß man noch keine übereinstimmenden Skalen erhalten würde, wenn man auch lauter Röhren von gleicher Länge nehmen, sie in gleich viel Grade eintheilen, und es so einrichten wollte, daß der Punkt des siedenden Wassers bey allen an dem obersten Ende oder in gleicher Entfernung von der Kugel läge; sondern es müßte außerdem noch das Verhältniß der Weite der Röhre zu der Größe der Kugel bey allen gleich seyn; so daß wenn sich der Weingeist in den Kugeln um einen gewissen Theil ausdehnte oder zusammenzöge, er in den Röhren um gleich viele Grade stiege oder fiele. Bis jetzt aber ist noch Niemand im Stande gewesen, solche Röhren und Kugeln von gleichen Verhältnissen zu machen, und es ist höchst selten, daß der Zufall uns ein Paar von der Art in die Hände bringt.

Sobald man aber noch einen zweyten festen Punkt hatte, der, so wie der Punkt des kochenden Wassers, zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten unverändert blieb, so waren die Schwierigkeiten der Eintheilung gehoben; und einen solchen Punkt war ein Danziger Künstler, Namens Fahrenheit, der zu Anfang dieses Jahrhunderts leb-

te, zuerst so glücklich zu finden. Er beobachtete nehmlich, daß, wenn er Schnee und Salmiak zu gleichen Theilen vermischte, und das Thermometer in diese Mischung eintauchte, es jedesmal auf denselben Punkt zurückfiel. Diese Entdeckung setzte ihn in den Stand, die ersten übereinstimmenden Thermometer zu verfertigen. Er durfte jetzt nur bey einer jeden Röhre die festen Punkte suchen, (dadurch daß er sie zuerst in kochendes Wasser, und dann in eine Mischung von Schnee und Salmiak brachte) und den Zwischenraum zwischen beyden in eine gleiche Anzahl gleicher Theile oder Grade theilen. Er theilte diesen Zwischenraum, aus Gründen, die es hier zu weitläuftig seyn würde anzuführen, in 212 Theile, und setzte bey dem von ihm gefundenen Punkt, den man den künstlichen Eispunkt nennt, Null, und bey dem Punkt des siedenden Wassers, oder bey dem Siedpunkt, 212. Unter Null trug er noch so viel von diesen Graden, als die Länge der Röhre gestattete; der Siedpunkt aber machte gemeiniglich auch das Ende der Röhre aus, das allemal hermetisch versiegelt wurde.

Sie sehen aus dieser Darstellung, wie viel Mühe es gekostet hat, ehe man ein so einfaches Instrument, wie das Thermometer zu seyn scheint, zu Stande bringen konnte.

Zweyhundert und ein und zwanzigster Brief.

Durch Fahrenheits Eintheilungsart wurde das Thermometer zuerst ein allgemein verständliches und für den Physiker brauchbares Werkzeug. Wenn nun von einer Wärme oder Kälte = o (Null) die Rede war, so wußte ein jeder, daß dieß eine solche Kälte sey, als bey einer Mischung von gleichen Theilen Schnee und Salmiak entsteht. Beyläufig gesagt, fand Fahrenheit diese Kälte so groß, als die strengste Kälte in dem harten Winter von 1709, und also viel beträchtlicher, als sie bey uns in gewöhnlichen Wintern zu seyn pflegt. Eben so bestimmt waren die Ausdrücke einer Wärme von 10, 20, 30 u. s. w. Graden. Hatte z. B. jemand an einem Ort die Temperatur der Luft zu einer gewissen Zeit = 40°, und ein anderer an einem andern Ort zu derselben Zeit = 50°, so konnte man sicher schließen, daß die Wärme hier wirklich größer als dort war.

Fahrenheit bediente sich anfangs des Weingeistes zu seinen Thermometern; er vertauschte ihn aber bald mit dem Queckſilber, das schon von andern hierzu vorgeschlagen worden war, und in der That aus mehrern Gründen den Vorzug verdiente. Das Queckſilber ist, nächst der Luft, diejenige Materie, die

sich am regelmäßigsten ausdehnt; die Veränderungen seines Volumens verhalten sich wie die Veränderungen der Wärme selbst, oder doch beynahe so, das heißt, ein doppelter Grad der Wärme bringt beynahe eine doppelt große Ausdehnung, ein dreyfacher Grad eine dreyfache Ausdehnung u. s. w. hervor. Man kann also von der Größe der Ausdehnung mit ziemlicher Zuverläßigkeit auf die Intensität der Wärme schließen. Dieß ist aber nicht der Fall mit dem Weingeist. Nehmen Sie z. B. zwey Thermometer, das eine mit Queckſilber, das andere mit Weingeist gefüllt, die beyde im Eis- und Siedpunkt vollkommen mit einander übereinstimmen, oder in einer Mischung von Schnee und Salmiak auf Null, und im kochenden Wasser auf 212° zeigen: so werden Sie finden, daß sie doch in den Zwischengraden beträchtlich von einander abweichen. Wenn das Queckſilberthermometer z. B. auf 100° steht, so wird das andere ungefähr 89°, also 11° weniger, angeben. Die sorgfältigsten Versuche aber haben gelehrt, daß die Richtigkeit auf Seiten des Queckſilberthermometers ist.

Ferner hat das Queckſilber eine größere Empfindlichkeit, als der Weingeist, und ist daher geschickter schnelle Veränderungen der Wärme anzuzeigen. Der Weingeist dehnt sich zwar stärker aus, braucht aber eine längere Zeit, um seine ganze Ausdehnung zu

erhalten. Auch giebt man ihm Schuld, daß sich seine Ausdehnbarkeit nach und nach vermindert, da hingegen das Queckſilber unverändert bleibt.

Endlich kann man das Queckſilber, wenn es gehörig gereinigt iſt, immer als eine Materie von gleicher Beſchaffenheit anſehen; der Weingeiſt aber iſt ſelten von einerley Güte. Deßwegen ſtimmen Weingeiſtthermometer, die zu verſchiedenen Zeiten oder an verſchiedenen Orten gemacht werden, weniger überein, als Queckſilberthermometer.

Einige Zeit nach Fahrenheit trat Reaumür in Frankreich mit einer neuen Art von Thermometern, die nach einer andern Methode eingetheilt waren, auf. Anſtatt des künſtlichen Eispunktes nahm er den Punkt an, auf welchem das Thermometer in gefrierendem Waſſer, oder in ſchmelzendem Eiſe ſteht. Dieſer Punkt, den man den natürlichen Eispunkt nennt, iſt ebenfalls unveränderlich, und verdient noch den Vorzug vor dem Fahrenheitiſchen, weil er ſich mit weniger Schwierigkeit und mit größerer Sicherheit beſtimmen läßt. Denn die Temperatur des gefrierenden Waſſers iſt ſich immer gleich, die Temperatur des künſtlichen Eispunktes aber kann bey einer kleinen Verſchiedenheit in der Miſchung, oder bey der verſchiedenen Güte des Salmiaks, leicht verſchieden ſeyn.

Reau-

Reaumür setzte bey den von ihm gefundenen Punkt Null, und machte von hier bis zum Siedpunkt 80 Grade. Die Grade unter Null zählte er, wie Fahrenheit, herunterwärts, so weit als es die Länge der Röhre gestattete. Das Reaumürsche Null stimmt mit Fahrenheits 32sten Grade überein, oder der natürliche Eispunkt fällt mit Fahrenheits 32sten Grade zusammen. Zieht man diese 32 von 212 ab, so bleiben 180. Nach Fahrenheits Eintheilung wird also derselbe Raum in 180 Grade eingetheilt, der nach Reaumürs Methode nur in 80 Grade getheilt wird. Folglich sind 80 Reaumürsche Grade 180 Fahrenheitischen gleich, woraus sich ergiebt, daß viere von jenen, neune von diesen ausmachen.

Die Reaumürschen Thermometer waren mit Weingeist gefüllt. In der Folge aber nennte man alle Thermometer, die vom natürlichen Eispunkt bis zum Siedpunkt 80 Grade zählten, wenn sie gleich mit Queckfilber gefüllt waren, Reaumürsche; und diese Gewohnheit hat sich auch bis jetzt erhalten.

Außer der Fahrenheitischen und Reaumürischen Skale hat man nach und nach eine ungeheure Menge von Skalen ersonnen, von denen aber keine so allgemein, als jene, angenommen worden ist. Auch gründen sie sich alle auf die Reaumürsche Einthei-

lungs-Methode, oder auf die Bestimmung des natürlichen Eis- und Siedpunktes. Selbst die Fahrenheitischen Thermometer werden jetzt nach dieser Methode verfertigt. Man bestimmt bey ihnen zuerst den Siedpunkt, dann den natürlichen Eispunkt, theilt den Zwischenraum in 180 gleiche Theile, und trägt von diesen Theilen noch 32 unter den gefundenen Eispunkt. Hier setzt man Null hin, und zählt von da bis zum Siedpunkt ununterbrochen 212 Grade.

Da die Grade, die über Null liegen, aufwärts, und die, welche unter Null liegen, unterwärts gezählt werden, also beyde nach entgegengesetzten Richtungen gehen, so pflegt man sie auch mit den Zeichen der entgegengesetzten Größen zu bezeichnen: + 10° z. B. bedeutet 10 Grade über Null, — 10° hingegen 10 Grade unter Null.

Fahrenheitische Grade in Reaumürsche, oder diese in jene zu verwandeln, wird Ihnen, nach dem vorhin angegebenen Verhältniß zwischen beyden, nicht schwer seyn, wofern Sie nur mit der sogenannten Regel de tri bekannt sind. Ich fürchte aber, Ihnen hier mit Rechnungen lange Weile zu machen. Man hat Thermometer, auf welchen beyde Skalen neben einander laufen; da läßt sich die Vergleichung am bequemsten anstellen.

Ein gutes Thermometer ist für den Physiker ein unentbehrliches Werkzeug, nicht etwa blos um die täglichen Veränderungen der Temperatur der Luft zu beobachten, sondern noch mehr, um die Veränderungen der Wärme, die bey so vielen Versuchen entstehen, wahrzunehmen. Ich werde Ihnen in der Folge einige Beyspiele anführen, die Ihnen ein Beweis seyn können, welche schätzbare Entdeckungen man blos durch Hülfe dieses Werkzeugs gemacht hat. Thermometer von feinen Haarröhrchen mit ganz kleinen Kugeln (von etwa anderthalb bis zwey Linien im Durchmesser) sind empfindlicher, und eben deswegen brauchbarer, als die mit stärkern Röhren und größern Kugeln oder Zylindern. Das Queckfilber kann in diesen nicht so schnell durch und durch erwärmt werden, als in jenen.

So weit man es indessen auch jetzt in der Verfertigung der Thermometer gebracht hat, so selten trifft man doch mehrere an, die ganz vollkommen übereinstimmen. Der Grund davon liegt theils darin, daß die Hitze des kochenden Wassers sich nicht durchaus, sondern nur unter gewissen Bedingungen, von denen Sie in einem der folgenden Briefe hören sollen, gleich ist; theils darin, daß die Thermometer bey der Bestimmung des Eis- und Siedpunktes nicht immer gleich tief in das gefrierende oder kochende Wasser hineingetaucht wer-

den. Einigen Antheil mag auch wohl die Verschiedenheit des Glases und die daraus entspringende Verschiedenheit in der Ausdehnung und Zusammenziehung der Kugel haben.

Mit den gewöhnlichen Thermometern kann man keine größere Hitze, als die des kochenden Wassers, messen. Zu stärkern Graden muß man Thermometer haben, deren Skale noch über 212° Fahr. geht. Dieß hat aber, wie Sie leicht urtheilen werden, seine Grenzen; denn wenn die Hitze so groß wird, daß das Queckſilber darin kocht, (welches bey 600° Fahr. geschieht) oder gar das Glas schmilzt, so kann sie nicht mehr durch Thermometer dieser Art bestimmt werden. Für so hohe Grade der Hitze hat man andere Instrumente erfunden, die man Pyrometer (Feuermesser) nennt. Eine Art derselben kennen Sie schon aus einem frühern Briefe*). Neuerlich aber hat ein bekannter Künstler in England, Hr. Wedgwood — derselbe, dessen irrdene Gefäße fast durch ganz Europa bekannt und beliebt sind — ein anderes, noch brauchbareres, verfertigt. Er hatte einen Thon gefunden, der die Eigenschaft besitzt, sich bis auf einen gewissen Grad nicht nur desto mehr zusammenzuziehen, je stärker er erhitzt wird, sondern dieß auch im Verhältniß der Intensität der Hitze zu thun, und sein Volumen nicht

*) S. den 1sten Brief des ersten Bandes.

zu verändern, wenn er alsdann im kaltem Wasser plötzlich abgekühlt wird. Von diesem Thon machte er einen Würfel, dessen Seite in einer Hitze von 212° Fahr. einen halben Zoll groß war, und verfertigte dazu eine Skale, die in einem messingenen, zwey Fuß langen, Kanal bestand, dessen Seitenwände nicht parallel gingen, sondern allmählig gegen einander zu liefen. An dem einen Ende standen sie gerade einen halben Zoll, an dem andern aber nur $\frac{3}{10}$ Zoll von einander ab. Die eine Seite des Kanals war auswendig in 240 gleiche Theile getheilt.

Will man von diesem Instrument Gebrauch machen, so wird der Würfel der Hitze ausgesetzt, deren Größe man bestimmen will; und wenn er durch und durch gehörig erhitzt ist, in kaltem Wasser abgekühlt und in den vorbeschriebenen Kanal geschoben. War die Hitze gerade 212° Fahr. groß, so wird er sich nicht in den Kanal hineinschieben lassen, sondern nur oben an dem äußersten Ende hineinpassen; je weiter er aber in den Kanal hineingeht, desto größer muß die Hitze gewesen seyn.

Diese Skale schließt sich also genau an die gewöhnliche Thermometer-Skale an. Das Instrument ist aber noch nicht sehr in Gebrauch gekommen, unstreitig weil man diesen Thon bis jetzt nur in England gefunden hat. Auch wäre es wohl

nöthig, vorher noch mehrere Versuche über die Grenzen seiner Brauchbarkeit anzustellen, ehe es allgemein eingeführt würde.

Zweyhundert und zwey und zwanzigster Brief.

Aus dem, was ich Ihnen in den beyden letzten Briefen von dem Thermometer gesagt habe, werden Sie einsehen, daß dieses Instrument uns nur in so weit den Grad der Wärme eines Körpers anzeigt, als es selbst bis zu diesem Grade erwärmt wird. Nur alsdann dehnt sich das Queckfilber aus, wenn es von dem Wärmestoff durchdrungen wird, und nur dann zieht es sich zusammen, wenn es einen Theil davon verliert. Dieß führt uns auf eine neue Eigenschaft des Wärmestoffes — deren Wirkung wir alle Augenblick erfahren, ohne auf ihre Ursach zu achten — auf die Eigenschaft, sich unter benachbarten Körpern so zu vertheilen, daß sie alle in gleichem Grade erwärmt werden, oder aus dem wärmern auf den kältern überzugehen, so lange bis beyde eine gleiche Temperatur erlangt haben. Man könnte auch sagen, der Wärmestoff habe die Eigenschaft, sich durchgehends ins Gleichge-

wicht zu setzen, wenn man unter Gleichgewicht den Zustand verstehen will, worin er gleiche Grade der Wärme in den Körpern hervorbringt. Er ist hier- in der elektrischen Materie ähnlich, die sich unter zusammengrenzenden Körpern so vertheilt, daß alle einen gleichen Grad von Elektrizität erlangen.

Erwärmung und Erkältung entsteht in den meisten Fällen aus dieser Eigenschaft des Wärmestoffes. Wenn wir die Hand an einen Körper bringen, der eine größere Intensität der Wärme hat, so geht ein Theil des Wärmestoffes in unsere Hand herüber, und die Empfindung, die mit diesem Uebergang verbunden ist, nennen wir Wärme. Halten wir aber die Hand an einen Körper, in dem der Wärmestoff eine geringere Intensität hat, so strömt Wärmestoff aus unserer Hand heraus, um sich mit dem des Körpers ins Gleichgewicht zu setzen; und dieses Herausströmen verursacht uns die Empfindung von Kälte. Wärme und Kälte bezeichnen also in Rücksicht auf unser Gefühl Einströmen und Ausströmen des Wärmestoffes, und in so fern sind sie einander entgegengesetzt; in Rücksicht auf die unbelebten Körper aber drücken sie nur verschiedene Grade desselben Zustandes, oder das Verhältniß ihrer Wärme zu der Wärme unsers Körpers aus. Wir nennen einen Körper warm, wenn seine Wärme größer als die unsrige, und kalt, wenn sie geringer

als diese ist. Daher kann es kommen, daß uns ein Körper, bey unveränderter Wärme, das einemal kalt, das anderemal warm erscheint, wenn sich die Wärme unsrer eignen Hand verändert. Ja er kann uns zu gleicher Zeit warm und kalt erscheinen, wenn wir ihn mit verschiedenen Theilen des Körpers, die eine verschiedene Wärme haben, zugleich berühren. Sie sehen daraus, wie trüglich unser Urtheil über die Temperatur der Körper ist, wenn wir uns blos auf unser Gefühl verlassen; und wie nöthig uns das Thermometer ist, um den wahren Zustand ihrer Wärme zu erfahren.

Doch müssen Sie dieß recht verstehen. Das beste Thermometer zeigt uns nicht die absolute Menge von Wärmestoff, die in einem Körper enthalten ist, an, sondern läßt uns nur die Verhältnisse zwischen den Wärmen verschiedener Körper, oder das Verhältniß der Wärme eines Körpers zu einer gewissen festgesetzten und unveränderlichen Wärme — nehmlich der des gefrierenden oder kochenden Wassers — erkennen. Die Täuschung, welcher unser Gefühl ausgesetzt ist, findet zwar bey dem Thermometer nicht statt, und wenn es uns einen Körper zu einer Zeit wärmer als zu der andern angibt, so hat die Wärme desselben in der That zugenommen; aber es lehrt uns nicht, wie groß die Wärme eines Körpers an und für sich be-

trachtet sey. Oder ist ein Körper wirklich von allem Wärmestoff entblößt, dessen Temperatur uns das Thermometer = o angibt? Nichts weniger; seine Wärme ist alsdann nur der Wärme des natürlichen oder künstlichen Eispunktes gleich; sonst wäre es ja nicht möglich, daß es noch geringere Grade der Wärme, oder Grade unter Null gäbe, wie es doch die Erfahrung lehrt. Ueberhaupt können wir von keinem Grade der Wärme sagen, daß er der geringste oder niedrigste sey, und es läßt sich eben so wenig angeben, wenn ein Körper alles Wärmestoffes beraubt, und seine Wärme an sich betrachtet = o ist, als es überhaupt denkbar ist, daß einem Körper aller Wärmestoff entzogen werden könnte, da dieser das Bestreben hat, sich überall ins Gleichgewicht zu setzen. So wie es aber unter den Körpern eine große Verschiedenheit, in Ansehung ihrer Fähigkeit die elektrische Materie aufzunehmen und wieder fahren zu lassen, gibt, so finden wir einen ähnlichen Unterschied unter ihnen, in Rücksicht auf den Wärmestoff. Einige Körper nehmen ihn mit großer Leichtigkeit auf, und lassen ihn eben so leicht wieder fahren; andere hingegen lassen sich nur langsam erwärmen, behalten aber die Wärme desto länger an sich. Wenn Sie z. B. ein Stück Metall und ein gleich schweres Stück Holz auf einen heißen Ofen legen, so wird jenes in kurzer Zeit durch und

durch erhitzt seyn, während daß dieses eine sehr mäßige Wärme hat, oder höchstens nur an der Seite, mit der es den Ofen berührt, beträchtlich heiß ist.

Das Vermögen eines Körpers, den Wärmestoff aufzunehmen und durch seine Masse zu verbreiten, nennt man seine Leitungsfähigkeit. Je schneller ein Körper den Wärmestoff aufnimmt, eine desto größere Leitungsfähigkeit schreibt man ihm zu. Nach dem angeführten Versuch hat also das Metall eine größere Leitungsfähigkeit, als das Holz, oder ist ein besserer Leiter für den Wärmestoff, als dieses.

Aus diesem Grunde bleibt heißes Wasser in einem Gefäß von Holz länger warm, als in einem Gefäß von Kupfer, Zinn, und dergl. — weil der Wärmestoff durch die hölzernen Wände nicht so schnell hindurchgeht, als durch die metallenen. Der hölzerne Griff einer silbernen Kaffekanne läßt sich ohne Gefahr anfassen, wenn das Metall so heiß ist, daß man es nicht berühren kann, ohne sich zu verbrennen. Denn einmal dringt der Wärmestoff nicht nur langsamer in das Holz hinein, sondern er strömt auch nicht so schnell aus ihm in unsre Hand herüber, als aus dem Metall. Das Gegentheil geschieht, wenn wir mit bloßen Füßen durch die Stube gehen; die Nägel in dem Fußboden scheinen uns kälter zu seyn, als das Holz, da sich doch kein Grund einsehen läßt, warum

sie wirklich kälter seyn sollten; und nimmt man das Thermometer zur Hand, so zeigt sichs auch, daß beyde in der That einerley Wärme haben; jene aber sind bessere Leiter, als dieses, und entziehen uns daher eine größere Menge von Wärmestoff in derselben Zeit; und das verursacht uns die Empfindung einer größern Kälte.

So viel uns an einer richtigen Kenntniß der leitenden und nichtleitenden Körper in Absicht auf die Elektrizität gelegen seyn muß, eben so wichtig ist es, die verschiedene Leitungsfähigkeit der Körper für den Wärmestoff zu kennen. Und es ist höchst merkwürdig, daß in dieser Rücksicht eine große Aehnlichkeit zwischen der Elektrizität und der Wärme statt findet: fast dieselben Körper, die als gute Leiter der elektrischen Materie bekannt sind, zeigen sich auch als gute Leiter des Wärmestoffes; und eben so ist es auch mit den Nichtleitern. In Ansehung der Metalle und des trockenen Holzes wird diese Bemerkung durch die eben erwähnten Erfahrungen bestätigt. Ferner ist die Luft ein schlechter, das Wasser hingegen ein guter Leiter der elektrischen Materie; und eben so verhalten sich diese Körper gegen den Wärmestoff. Ein glühendes Eisen in kaltes Wasser getaucht, wird den Augenblick abgekühlt; in der Luft aber behält es seine Hitze eine lange Zeit. — Wolle, Federn, Haare, Pelze sind Nichtleiter, und

eben dieselben Körper haben eine geringe Leitungsfähigkeit für den Wärmestoff. Der Schutz, den uns unsre Kleider, Pelze, Betten gegen die Kälte gewähren, rührt blos von dieser geringen Leitungsfähigkeit her. Sie selbst theilen dem Körper keine Wärme mit — denn sie können anfangs kälter seyn, als er selbst ist — sie verhindern aber, daß der in ihm erzeugte Wärmestoff nicht so leicht davon gehe. — Leinwand, die ein ziemlicher Leiter der Elektrizität ist, hält auch den Wärmestoff wenig zurück, und schützt daher schlecht gegen die Kälte. — Das Glas, einer der vorzüglichsten Nichtleiter, ist ebenfalls ein schlechter Wärmeleiter. Daher kann man eine gläserne Röhre von mäßiger Länge an dem einen Ende bis zum Schmelzen erhitzen, und an dem andern in der Hand halten; bey einem eisernen Stabe hingegen wäre so etwas ganz unthunlich. Asche leitet die elektrische Materie so wenig, als den Wärmestoff. Diese Uebereinstimmung bey so vielen Körpern läßt vermuthen, daß sie auch bey den übrigen statt finden werde, über die noch keine bestimmten Erfahrungen gemacht worden sind.

Endlich muß ich noch eine Aehnlichkeit, die zwischen der Wärme und der Elektrizität statt findet, und die eigentlich aus dem Vorhergesagten von selbst folgt, bemerken. Ein Körper kann nie eine beträchtliche Elektrizität annehmen, wenn man ihn

mit einem leitenden Körper verbindet, der ihm die mitgetheilte Elektrizität beständig entzieht. Eben so kann auch ein Körper nicht erhitzt werden, wenn er mit einem guten Leiter in Verbindung steht. Wikkelt man einen Zwirnsfaden oder einen Streifen Papier um ein Stück Eisen, so kann man ihn in eine Lichtflamme halten, und er wird nicht verbrennen — denn das Metall entzieht ihm beständig den Wärmestoff, und läßt ihn nicht bis zu dem Grade erhitzt werden, der zur Verbrennung nothwendig ist. Aus demselben Grunde kann man Wasser in papiernen Gefäßen zum Kochen bringen, ohne daß das Papier verbrennt. Auch ist es eine bekannte Erfahrung, daß bleyerne und zinnerne Gefäße nicht schmelzen, so lange sich Wasser in ihnen befindet — eben weil das Wasser ihnen den Wärmestoff zu geschwinde entzieht. Doch wird dabey vorausgesetzt, daß die Gefäße nicht verschlossen sind.

Unterdessen wird es Ihnen nicht entgehen, daß die elektrische Materie sich mit einer viel größern Schnelligkeit durch die leitenden Körper verbreitet, als der Wärmestoff, und daß hieraus manche Verschiedenheiten in der Art der Mittheilung und Fortpflanzung beyder Flüssigkeiten entspringen. Ich überlasse aber diese Vergleichungen Ihrem eigenen Nachdenken, und begnüge mich, blos Ihre Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand geleitet zu haben.

Zweyhundert und drey und zwanzigster Brief.

Wenn man eine gewisse Menge Wasser mit einer andern gleich großen Menge, aber von verschiedener Temperatur, vermischet, so wird sich der Wärmestoff — theils weil das Wasser ein so guter Leiter ist, theils weil sich die Flüssigkeiten in so vielen Punkten berühren — in kurzer Zeit so gleichförmig durch die ganze Masse vertheilen, daß sie durchaus einerley Grad der Wärme erlangt. Das wärmere Wasser wird von seinem Wärmestoff einen Theil an das kältere abgeben, und folglich wird seine Temperatur sich vermindern; das kältere hingegen, das eben diesen Wärmestoff empfängt, wird so viel an Wärme gewinnen, als jenes verliert. Also wird die Temperatur der Mischung geringer seyn, als die Temperatur des wärmern Wassers, und größer, als die des kältern vor der Vermischung war, und es läßt sich leicht einsehen, daß sie zwischen den Temperaturen der gemischten Flüssigkeiten in der Mitte liegen muß, wenn diese, wie hier vorausgesetzt wird, an Menge einander gleich waren.

Nehmen Sie an, Sie hätten ein Pfund Wasser von 40° mit einem andern von 120° vermischt, und es ginge weder durch die Wände des Gefäßes, noch

durch die Luft das geringste von dem Wärmestoff verloren, sondern es vertheilte sich die Summe von 160° unter beyde Pfunde gleichförmig, so käme auf ein jedes Pfund 80°. Und so würde sich auch die Temperatur der Mischung finden. 80 aber liegt zwischen 40 und 120 gerade in der Mitte, oder ist das arithmetische Mittel zwischen beyden Zahlen. Das eine Pfund hätte also 40° Wärme verloren, und das andere eben so viel gewonnen.

Sind die Quantitäten der Flüssigkeiten ungleich, so fällt die Temperatur der Mischung zwar auch zwischen ihre Temperaturen vor der Vermischung, aber sie ist nicht mehr das arithmetische Mittel zwischen beyden. Ein Beyspiel wird Ihnen am besten lehren, wie man sie auch in diesem Falle finden kann. Wenn man drey Pfund Wasser von 40° mit fünf Pfunden von 120° vermischt, so enthält die Mischung von acht Pfunden eine Menge von Wärmestoff, die vorher drey Pfund auf 40° und fünf Pfd. auf 120° erwärmen konnte. Rechnet man also die Grade der einzelnen Pfunde zusammen, so bekommt man 3 mal 40, und 5 mal 120, das ist, 720 Grade; und diese unter acht Pfund gleich vertheilt, macht auf jedes 90°. So viel beträgt folglich die Temperatur der Mischung. Wollen Sie dieses Verfahren durch eine allgemeine Regel ausdrücken, so

dürfen Sie nur sagen: man multiplicire die Gewichte der verschiedenen Quantitäten mit den Graden ihrer Wärme, addire die Produkte zusammen, und dividire ihre Summe durch die Summe der Gewichte — wobey es sich von selbst versteht, daß die Gewichte von einerley Art seyn müssen.

Diese Regel ist unter dem Namen der Richmannischen Regel bekannt, und sie läßt sich nicht blos beym Wasser, sondern überall anwenden, wo einerley Flüssigkeiten vermischt werden.

Sobald man aber Flüssigkeiten von verschiedener Art zusammenmischt, so fallen die Resultate ganz anders aus. Die Mischung erhält zwar auch eine gleichförmige Temperatur, aber diese ist weder bey gleichen Quantitäten das arithmetische Mittel, noch läßt sie sich bey ungleichen nach der Richmannischen Regel bestimmen. Wenn man z. B. ein Pfund Wasser von 120° mit einem Pfund Leinöl von 40° vermischt, so wird die Mischung nicht, wie im vorigen Fall, 80°, sondern angestellten Versuchen zufolge, 93^{10} haben. Das Wasser verliert also $26\frac{2}{3}$° von seiner Wärme, das Oel aber gewinnt $53\frac{1}{3}$°, oder noch einmal so viel als das Wasser verliert. Gleichwohl kann dieser Zuwachs nirgends anders, als von dem Wasser herkommen, das bey der Vermischung einen Theil seines Wärmestoffes an das Oel abgibt

abgibt; und es folgt daraus, daß dieselbe Menge von Wärmestoff, durch die das Wasser um $26\frac{2}{3}$ erwärmt wird, hinreichend ist, die Temperatur des Leinöls um $53\frac{1}{3}°$ zu erhöhen.

Nimmt man anstatt des Leinöls Baumöl von 40° und vermischt es mit einer gleichen Menge Wasser von 120°, so fällt die Temperatur der Mischung wieder anders aus. Sie beträgt alsdann 87°. Hier verliert das Wasser 33° von seiner Wärme, und das Baumöl gewinnt 47°. Folglich wird das letztere durch dieselbe Menge Wärmestoff um 47° erwärmt, wodurch das erstere nur 33° Wärme erhält.

Wollte man anstatt der beyden Oele noch andere Flüssigkeiten versuchen, so würde man wieder andere Resultate erhalten, die sich nicht im voraus bestimmen lassen, sondern erst durch Versuche erforscht werden müssen. Alle aber würden die wichtige Wahrheit bestätigen, die man noch nicht seit langer Zeit entdeckt hat, daß gleiche Quantitäten von Wärmestoff verschiedene Körper nicht um gleich viele Grade erwärmen, oder, daß Körper von einerley Temperatur nicht gleiche Quantitäten von Wärmestoff enthalten.

Um dieses noch mehr zu erläutern, stellen Sie sich vor, man setzte verschiedene Körper von gleichem Gewicht und gleicher Temperatur, z. B. die genann-

ten drey, Wasser, Baumöl und Leinöl, einem gleichen Feuer aus, und ein jeder von ihnen nähme in derselben Zeit eine gleiche Quantität Wärmestoff in sich auf, (das heißt, ihre Leitungsfähigkeit wäre gleich) so würde doch die Wärme nicht in allen gleich geschwinde zunehmen. In derselben Zeit, in der die Temperatur des Leinöls um 28° wüchse, würde die des Baumöls nur um 20°, und die des Wassers nur um 14° wachsen.

Das Wasser erlangt also durch dieselbe Menge von Wärmestoff nur eine halb so große Temperatur als das Leinöl; folglich muß es bey einer gleichen Temperatur eine doppelt so große Menge von Wärmestoff als dieses in sich fassen. Man schreibt ihm daher eine doppelt so große Capazität als dem Leinöl zu, indem man hierunter eben die Beschaffenheit eines Körpers versteht, nach welcher er mehr oder weniger Wärmestoff enthält, als ein anderer, der mit ihm eine gleiche Temperatur hat. Der Körper A hat eine größere Capazität, als der Körper B, heißt nichts anders, als der Körper A ist von solcher Beschaffenheit, daß, wenn man ihn um eben so viel Grade erwärmen will, als den Körper B, eine größere Quantität Wärmestoff dazu erfordert wird; oder, daß, wenn beyde einerley Temperatur haben, A eine größere Menge von Wärmestoff in sich enthält. Das Verhältniß der Capazitäten aber

wird eben durch das Verhältniß dieser Quantitäten von Wärmestoff bestimmt. Es kann also auch nie von der Capazität eines Körpers an sich die Rede seyn, sondern immer nur in Vergleichung mit einem andern. Man kann aber die Capazität eines gewissen Körpers zum Grunde legen, und die Capazitäten aller andern Körper dagegen vergleichen. So hat man bisher die Capazität des Wassers als diejenige angenommen, nach der man die der übrigen Körper bestimmte. Man setzt sie z. B. = 1, und sagt dann, die Capazitäten der Körper A, B, C wären = 4, 2; $\frac{1}{2}$, das heißt, die Capazitäten dieser Körper verhalten sich zur Capazität des Wassers, wie die genannten Zahlen zur Einheit.

Vielleicht fällt Ihnen hier der im vorigen Briefe angeführte Versuch mit dem Metall und dem Holz wieder ein, die beyde, auf demselben Ofen gelegt, sich sehr ungleich erwärmen. Dort sahen wir die verschiedene Leitungsfähigkeit beyder Körper als den Grund dieser Ungleichheit an; es kann aber noch eine andere Ursach hinzukommen, die Verschiedenheit ihrer Capazitäten. Und in der That hat diese keinen geringen Antheil an jener Erscheinung, da das Holz eine viel größere Capazität als das Metall hat, und folglich durch dieselbe Menge von Wärmestoff viel weniger als dieses erwärmt wird. Nichtsdestoweniger aber bleibt auch das wahr, was

dort von der verschiedenen Leitungsfähigkeit dieser Körper gesagt worden ist, wie andere Erfahrungen, von denen ich auch einige erwähnt habe, deutlicher beweisen. Indessen ist es oft sehr schwer, die Wirkungen beyder Ursachen gehörig von einander zu unterscheiden.

Jetzt werden Sie auch vollkommen einsehen, was für ein großer Unterschied zwischen absoluter und thermometrischer Wärme (das ist, derjenigen, die das Thermometer angibt) statt findet; diese kann in zwey Körpern ganz gleich seyn, indessen jene in ihnen sehr verschieden ist. Man unterscheidet auch noch spezifische und relative Wärme. Unter der erstern verstehet man das Verhältniß der Quantitäten von Wärmestoff, die erforderlich sind, um die Temperaturen ungleichartiger Substanzen von gleichem Gewicht auf eine gleiche Anzahl von Graden zu erheben. Relative Wärme bezeichnet dasselbe Verhältniß der Quantitäten des Wärmestoffes, nur mit dem Unterschied, daß dabey die Körper nicht von gleichen Gewicht, sondern von gleicher Größe genommen werden.

Zweyhundert und vier und zwanzigster Brief.

Die Versuche, durch welche die Capazitäten der Körper bestimmt werden sollen, erfordern sehr genaue Werkzeuge, große Vorsicht und keine gemeine Uebung. Kleine Fehler schleichen sich fast unvermeidlich ein, und man darf sich daher nicht wundern, wenn die Resultate verschiedener Untersuchungen über dieselben Substanzen oft so verschieden ausfallen. Im Ganzen genommen leidet es keinen Zweifel, daß die absolute Wärme in verschiedenen Körpern von einerley Temperatur sehr ungleich seyn kann. Vielleicht aber liegt die Schuld jener Verschiedenheit nicht immer an den Experimentatoren und ihren Instrumenten, sondern daran, daß die nehmlichen Substanzen bey ihren Versuchen nicht immer einerley Grade der Wärme hatten. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß, so wie die Verwandtschaften der Körper bey verschiedenen Temperaturen verschieden sind, so auch ihre Capazitäten sich bey verschiedenen Graden der Wärme ändern. Hierüber werden wir erst mit Gewißheit etwas ausmachen können, wenn diese Art von Versuchen überhaupt zu einer größern Vollkommenheit gediehen seyn wird.

Ueber den Ausdruck Capazität, so wie über die Ursach ihrer Verschiedenheit, wird noch gestritten. Einige glauben, daß der Grund, warum der eine Körper eine größere Menge von Wärmestoff als ein anderer in sich faßt, in einer größern Weite seiner Poren liege. So wie von zwey gleich großen Gefäßen, von welchen das eine mit feinem Schroot, das andere mit Kugeln gefüllt ist, das letztere eine größere Menge Wasser in seine Zwischenräume aufnehmen kann, als das erstere. — Andere halten es für wahrscheinlicher, daß das, was wir Capazitäten nennen, nichts anders, als verschiedene Grade der Verwandtschaft sind, die zwischen den Körpern und dem Wärmestoff statt finden. Man kann den Wärmestoff in demjenigen Zustande, in welchem er sein Vermögen, die Temperatur der Körper zu erhöhen, oder Wärme hervorzubringen, ungehindert ausüben kann, frey, und da, wo er dieß nicht kann, gebunden nennen. Derjenige Körper, der eine größere Verwandschaft zu ihm hat, wird ihn stärker binden, oder sein Vermögen Wärme zu erregen mehr schwächen, als der, dessen Verwandtschaft geringer ist. So erinnern Sie sich, daß die Wirkungen der elektrischen Materie gehemmt werden, wenn diese gebunden wird; und der Deckel eines Condensators erlangt ebenfalls eine größere Capazität — oder die Fähigkeit eine größere Menge von elektrischer

Materie in sich auf zu nehmen — dadurch, daß die in ihm vorhandene elektrische Materie durch die entgegengesetzte der Basis unwirksam gemacht wird. Der Unterschied liegt nur darin, daß der Deckel die elektrische Materie nicht selbst bindet, sondern erst die Basis zu Hülfe nehmen muß, die Körper aber den Wärmestoff ohne andere Beyhülfe binden.

Ohne für eine von beyden Erklärungen entscheiden zu wollen, werde ich mich doch in der Folge, um bestimmt zu reden, in dem Sinn der letztern ausdrücken, als ob die verschiedenen Verwandtschaften der Körper zum Wärmestoff die Ursache ihrer Capazitäten wären.

Durch das Beyspiel des Condensators kann ich noch eine andere Thatsache in Betreff des Wärmestoffes erläutern. Wenn man den Deckel in die Höhe hebt, so erlangt er auf einmal eine merkliche Elektrizität, weil die elektrische Materie, die vorher in ihm gebunden oder latent war, plötzlich frey wird; und senkt man ihn wieder nieder, so verschwindet die Elektrizität, oder wird doch um vieles schwächer, weil die elektrische Materie von neuem gebunden wird. Eben so muß die Temperatur eines Körpers beträchtlich erhöht werden, wenn seine Capazität, oder sein Vermögen, den Wärmestoff zu binden, sich auf einmal merklich vermindert. Denn der Wärmestoff wird alsdann freyer, und

eben deswegen vermögend, eine größere Wärme hervorzubringen. Würde z. B. Wasser von 100° plötzlich in Leinöl oder in einen Körper, dessen Capazität halb so groß ist, verwandelt, so würde seine Temperatur, ohne daß man den geringsten Wärmestoff hinzuthäte, noch einmal so groß, das ist 200° werden. Im Gegentheil, wenn die Capazität eines Körpers vergrößert, oder seine Verwandschaft zum Wärmestoff verstärkt wird, so muß seine Temperatur abnehmen, weil der Wärmestoff mehr gebunden, und sein Vermögen, Wärme zu erzeugen, mehr geschwächt wird. — Dergleichen Veränderungen der Capazitäten sind ohne Zweifel sehr häufig die Ursach einer plötzlichen Zu- oder Abnahme der Wärme, da die Natur tausend Mittel und Wege hat, die Verwandschaften der Körper gegen einander bald zu vergrößern, bald zu vermindern.

Wenn feste Körper durch den Wärmestoff in flüssige verwandelt werden, so gehen sie eine so genaue Verbindung mit ihm ein, daß er ganz aufhört auf ihre Temperatur zu wirken. Man vermische ein Pfund Wasser von 32° Fahr. mit einem andern von 172°, so bekommt die Mischung das arithmetische Mittel oder 102°. Nimmt man aber ein Pfund Eis oder Schnee von 32° und vermischt es mit einem Pfund Wasser von 172°, so schmilzt das Eis, und die Mischung erlangt nur 32°. Das

heiße Wasser ist also um 140° kälter geworden, der ihm entzogene Wärmestoff aber hat nichts mehr bewirkt, als das Eis von 32° in Wasser von derselben Temperatur verwandelt. Dieß ist eine wichtige Entdeckung, die man erst seit etwa 40 Jahren gemacht hat. Es erhellet daraus, daß der Wärmestoff, der das Eis flüssig macht, nichts dazu beyträgt, es zu erwärmen, oder seine Temperatur zu erhöhen. Man muß daher beyde Wirkungen des Wärmestoffes, die Körper zu erwärmen und auszudehnen, und sie flüssig zu machen, sehr von einander unterschieden. Die letztere ist nicht etwa ein höherer Grad der erstern, sondern sie wird durch eine ganz besondere Verbindung des Wärmestoffes mit den Theilchen der Körper hervorgebracht, wobey die erstere Wirkung ganz aufhört. Der Wärmestoff verliert seine Eigenschaft zu erwärmen, wenn er Flüssigkeit hervorbringt. So verliert das Wasser seine Flüssigkeit, wenn es sich mit den Salzen zu Krystallen verbindet; das Salz seine Festigkeit, wenn es sich in Wasser auflöst; und dergleichen mehr.

Umgekehrt, wird das Wasser in Eis verwandelt, so muß es den Wärmestoff wieder absetzen, der zu seiner Flüssigkeit nöthig war. Dieß läßt sich freylich bey dem Gefrieren des Wassers in freyer Luft weder durch das Gefühl noch durch das Thermo-

meter bemerken, weil immer nur wenig Wasser auf einmal gefriert, und der dadurch frey werdende Wärmestoff sich gleich in dem übrigen Wasser und in der Luft zerstreut. Allein eben die hier erzeugte Wärme ist der Grund, warum das Wasser im Freyen nicht plötzlich gefriert, wenn gleich die Temperatur der Luft unter dem Gefrierpunkt ist. Doch läßt sich die Sache auch durch einen direkten Versuch beweisen. Wenn man ein Pfund Wasser von 23° mit einem Pfund Eis von 4° vermischt, so wird man am Ende $\frac{1}{5}$ von dem Wasser gefroren finden, und die Mischung wird 32° haben. Das Pfund Eis ist also um 28° wärmer geworden, das Wasser hat seine Temperatur behalten, der fünfte Theil davon aber hat sich in Eis von der nehmlichen Temperatur verwandelt. Woher ist nun der Wärmestoff gekommen, der das Eis um 28° erwärmt hat? Nirgends anders her, als aus dem in Eis verwandelten Wasser. $\frac{1}{5}$ Pfund Wasser hat bey seiner Verwandlung in Eis so viel Wärmestoff abgesetzt, als hinreichend war, ein ganzes Pfund oder fünfmal mehr Eis um 28° zu erwärmen; das macht also 5 mal 28° oder 140°. Auf diese Art erhalten wir dieselbe Menge von Wärmestoff wieder, die, dem vorigen Versuch zufolge, das Eis beym Flüssigwerden verschluckt hat.

Was hier von dem Eis und Wasser gesagt ist, das gilt auch von andern Körpern, wenn sie aus dem Zustand der Festigkeit in den der Flüssigkeit, oder aus diesem in jenen, übergehen; im ersten Fall wird Wärmestoff gebunden, im letzten frey gemacht; nur ist die Quantität desselben in verschiedenen Körpern verschieden. Diese Verwandlung der Körper ist also ein neuer reichhaltiger Quell der Wärme und Kälte in der Natur.

Es verdient noch bemerkt zu werden, daß einige flüssige Körper sich bey ihrer Verwandlung in feste in ein größeres Volumen ausdehnen. Von der Art sind das Wasser, das geschmolzene Eisen, der Schwefel. Diese Ausdehnung geschieht wenigstens bey dem Wasser mit einer ungeheuern Gewalt. Die stärksten Gefäße zerspringen, wenn Wasser in ihnen gefriert. Dr. Hales füllte eine Bombe mit Wasser, und da es gefror, sprengte es die Bombe von einander. Er schätzte die Kraft, die das Eis hier ausübte, auf 33511 Pfund. Aehnliche Versuche hat neuerlich Herr Williams zu Quebek angestellt, die mit diesem vollkommen übereinstimmen. Die Luftblasen in dem Eise sind nicht die Hauptursache dieser Ausdehnung, denn auch Eis ohne Luftblasen schwimmt im Wasser und ist folglich mehr als dieses ausgedehnt. Man muß also dem

Grund davon unstreitig in der Art, wie die Wasfertheilchen sich zu einem festen Körper verbinden, suchen.

Zweyhundert und fünf und zwanzigster Brief.

Sie werden aus dem letzten Briefe gesehen haben, daß der Wärmestoff einen grösern Antheil an dem Schmelzen oder Flüssigseyn der Körper hat, als man sich gemeiniglich vorstellt. Es war zwar lange bekannt, daß kein Eis ohne Wärme in Wasser verwandelt werden könne, aber man sah diese Verwandlung immer nur als eine Folge der Erwärmung an, da sie doch eine ganz andere Verbindung des Eises mit dem Wärmestoff erfordert, als zur bloßen Erwärmung nöthig ist. Bey dieser Verbindung verliert der Wärmestoff seine Wärmezeugende Kraft, und bringt blos Flüssigkeit zuwege. Dieß wird Ihnen anfangs desto auffallender seyn, je mehr Sie gewohnt sind, mit dem Begriff des Wärmestoffes oder Feuers den Begriff der Wärme zu verbinden. Die Wärme ist aber nur eine besondere Art der Wirkung, nicht die einzige Wirkung dieses Elements; sie setzt eine eigene Verbindung oder

Vermischung desselben mit den Körpern voraus. Bey einer andern Verbindung bewirkt es Flüssigkeit, und wieder bey einer andern noch andere Erscheinungen. Man muß es also mit demselben Recht als die Ursach der Flüssigkeit ansehen, mit welchem man es als die Ursach der Wärme betrachtet.

Sie werden aber leicht bemerken, daß es unter den flüssigen Materien in Absicht auf die Art ihrer Flüssigkeit einen großen Unterschied gibt. Bey einigen hängen die Theilchen noch mit so vieler Kraft zusammen, daß sie in geringer Quantität Tropfen bilden; diese nennt man tropfbar-flüssige Materien. Es gehören dahin das Wasser, das Queckfilber, die Oele, u. a. m. Andere verbinden mit ihrer Flüssigkeit eine so große Kraft der Ausdehnung, daß sich ihre Theilchen nie tropfenweise zusammenhalten, sondern sich immer so weit ausbreiten, als es ihnen die Grenzen des Gefäßes, worin sie eingeschlossen sind, verstatten. Diese sind von doppelter Art: die einen verlieren in der Kälte das Vermögen sich auszudehnen, und werden zerstört — diese heißen Dämpfe, dampfartige Flüssigkeiten, von denen ich gleich mehr sagen werde — die andern verändern in der Kälte ihre Natur nicht; diese machen die Luftarten oder luftförmigen Flüssigkeiten aus, die Sie schon aus den vorhergehenden Briefen ken-

nen. Man unterscheidet also die flüssigen Materien in tropfbare, dampfartige und luftförmige Flüssigkeiten; und jede von diesen Arten setzt eine besondere Verbindung des Grundstoffes mit dem Feuer oder dem Wärmestoff voraus*).

Vielleicht können alle tropfbaren Flüssigkeiten bey einem gewissen Grad der Hitze in dampfartige verwandelt werden; wir wollen hier aber blos bey dem Wasser und den daraus erzeugten Dämpfen stehen bleiben. Wenn das Wasser kocht, so steigt, wie Sie wissen, beständig ein feiner Dunst aus demselben in die Höhe, der dicht über der Oberfläche ganz durchsichtig ist, wie die Luft, in einer weitern Entfernung aber sichtbar wird, und wenn man ihn auffängt, sich wieder in Wasser verwandelt. Dieß läßt sich sehr gut bey einem gewöhnlichen Theekessel, noch besser aber bey einer Dampfkugel oder Aeolipile (einer hohlen, metallenen Kugel mit einer spitz zulaufenden Röhre, die durch einen Hahn verschlossen werden kann) beobachten; kocht das Wasser darin, so kann man bis auf eine ge-

*) Ob alle Luftarten ihre Flüssigkeit dem Feuer zu verdanken haben, ist doch noch zu bezweifeln. Einige ganz unlängst bekannt gewordene, sehr schätzbare, Versuche des Hrn. Prof. Göttling scheinen zu beweisen, daß auch das Licht die Kraft habe, gewissen Stoffen eine luftförmige Gestalt zu geben.

wisse Entfernung nichts von dem herausfahrenden Dunst erkennen, weiterhin wird man ihn sehr deutlich gewahr, und hält man den ersten den besten Körper dagegen, so hängen sich nach und nach eine Menge Wassertropfen an ihn an. Unter den Wasser-Dämpfen, die auch vorzugsweise blos Dämpfe genannt werden, verstehen die Physiker eben diesen Dunst, so lange er noch unsichtbar oder so durchsichtig, wie die Luft, ist. Man darf sie also nicht mit den sichtbaren Dünsten verwechseln, die von blos heißem Wasser und andern heißen wässerichten Körpern in die Höhe steigen. Dergleichen Dünste können zwar aus den Dämpfen entstehen, oder in Dämpfe verwandelt werden, aber sie sind nicht einerley mit diesen.

So lange man die Dämpfe in einer Temperatur, die der Hitze des kochenden Wassers oder 212 Fahrenheitischen Graden gleich ist, erhält, so lange bleiben sie unsichtbar, und haben alle mechanischen Eigenschaften der Luft; sie lassen sich zusammendrükken, und dehnen sich wieder aus, wenn der Druck nachläßt. In diesem Zustande wirken sie auch nicht auf das Hygrometer, oder geben keine Feuchtigkeit zu erkennen. Sobald sie aber in eine geringere Temperatur kommen, so verändern sie plötzlich ihre Natur, sie verlieren ihre Elastizität, werden sichtbar, und machen die Körper feucht, an die sie sich an-

setzen. Daher kann man sie bey der Dampfkugel schon in einer geringen Entfernung von der Röhre sehen, weil sie hier in eine kältere Luft kommen und zerstört werden. Es folgt daraus, daß der Wärmestoff, den sie zu ihrer Erhaltung nöthig haben, nicht sehr stark in ihnen gebunden seyn muß, da er ihnen von einem jeden Körper von geringerer Temperatur entzogen wird.

Vermehrt man hingegen die Hitze, oder setzt man ihnen noch mehr Wärmestoff zu, so wird auch ihre Elastizität desto größer; und von dieser Seite kennt man keine Grenzen. Man muß sie aber in verschlossene Gefäße einsperren, weil sie schon bey 212° in die Luft emporsteigen und davon gehen. Inzwischen hat man sich bey Versuchen dieser Art sehr in Acht zu nehmen, weil selbst die stärksten metallenen Gefäße bey einer großen Hitze durch die Dämpfe gesprengt werden können. Ein gewisser Papin, der zu Ende des vorigen und im Anfange des jetzigen Jahrhunderts lebte, und eine Zeitlang Professor in Marburg war, wollte einmal in Cassel einen Versuch machen mit Dämpfen zu schießen; aber die Dämpfe zersprengten seine Maschienen mit solcher Gewalt, daß nicht nur ein Theil des Laboratoriums eingeschmissen, sondern auch verschiedene Menschen tödtlich verwundet wurden. Nicht so gefährlich, und doch hinreichend sich einigerma-

ßen

ßen einen Begriff von der Elastizität der Dämpfe zu machen, sind die sogenannten Knallkügelchen — kleine gläserne Kügelchen, die ungefähr zur Hälfte mit Wasser oder Weingeist gefüllt sind, und wenn sie auf Kohlen oder einen heißen Ofen gelegt werden, mit einem heftigen Knall zerplatzen.

Die Dämpfe lassen sich aber nicht blos durch Abkühlung, sondern auch selbst durch Zusammendrückung zerstören; und das ist ein zweyter Punkt, wodurch sie sich von den luftförmigen Flüssigkeiten unterscheiden, die, so viel wir wissen, jeden Druck, ohne sich zu zersetzen, aushalten können. Je mehr sie indessen erhitzt werden, desto stärker kann man sie zusammenpressen, ohne daß sie ihre dampfartige Natur verlieren. Es läßt sich also im allgemeinen kein Druck bestimmen, der hinreichend wäre, sie zu zerstören; und da ich eben gesagt habe, daß sie bey hohen Graden der Hitze die stärksten Gefäße zersprengen, so kann man sich keine Kraft denken, der sie nicht unter gewissen Umständen widerstehen sollten.

Ist es aber möglich, die schon gebildeten Dämpfe durch den Druck wieder zu vernichten, so wird man durch eben dieses Mittel auch ihre Entstehung verhindern können. Wenn man z. B. die Luft in einem Gefäß, das nicht ganz voll Wasser ist, zusammenpreßte, so daß sie stärker als gewöhnlich

auf die Oberfläche des Wassers drückte: so könnte man das Wasser bis zu 212° erhitzen, ohne daß sich Dämpfe erzeugten. Diese würden nicht eher entstehen, als bis die Hitze des Wassers derjenigen gleich käme, bey welcher sonst die Dämpfe einen eben so großen Druck auszuhalten vermögen. Je stärker also der Druck ist, desto größer muß die Hitze werden, ehe sich Dämpfe bilden. Im Gegentheil, werden sie bey einer desto geringern Hitze entstehen, je schwächer der Druck auf die Oberfläche des Wassers ist.

Indessen, wenn man auch allen künstlichen Druck entfernt, so muß man das Wasser doch bis auf 212° erhitzen, ehe sich die Dämpfe erheben. Wer sieht aber auch nicht, daß alsdann noch immer der Druck der Atmosphäre übrig bleibt? und dieser ist es, der einen so hohen Grad der Hitze nothwendig macht. Bey 212° haben die Dämpfe schon eine so große Elastizität, daß sie einen Druck, der dem Druck der Atmosphäre gleich ist, überwältigen können. Wird dieser vermindert, so bedarf es zu ihrer Entstehung auch nur einer geringern Hitze. Und diese Verminderung kann so weit gehen, daß die Wärme der Hand und selbst die gewöhnliche Temperatur der Luft schon hinreichend dazu ist.

Hieraus werden Sie sich eine bekannte Erscheinung bey der Luftpumpe erklären können. Wenn

die Luft unter der Glocke verdünnt ist, und man läßt die äußere Luft auf einmal wieder hinzutreten, so setzt sich sogleich ein feuchter Dunst inwendig an die Glocke an. Dieß geht so zu: durch die Verdünnung der Luft wird der Druck derselben so sehr geschwächt, daß sich aus den Feuchtigkeiten des nassen Leders oder des Oels, wodurch die Glocke luftdicht verwahrt wird, bey der Temperatur des Zimmers eine Menge Dämpfe erzeugen, die den Raum unter der Glocke erfüllen, und nur wegen ihrer Durchsichtigkeit unsichtbar sind; so bald aber der Druck der äußern Luft hinzukommt, so können sie sich bey ihrer geringen Wärme nicht halten, werden zerstört, und hängen sich als ein feuchter und sichtbarer Dunst an den Teller der Luftpumpe und an die innere Wand der Glocke an.

Herr de Lüc zieht noch eine andre viel gemeinere Erscheinung hieher. Sie haben es gewiß schon oft bemerkt, daß, wenn man einige Tropfen Wasser auf ein heißes Eisen spritzt, sie in Dunstgestalt in die Höhe steigen, und sich sehr schnell in der Luft verlieren. Dasselbe geschieht, nur nicht so geschwind, wenn man den Fußboden mit Wasser besprengt, oder eine kleine Quantität Wasser in einem offenen Gefäß hinstellt; nach einer kurzen Zeit ist alles Wasser verschwunden, ohne daß man den geringsten Dunst in der Stube bemerkte. Wo ist

es also hingekommen, und was ist daraus geworden? Gewöhnlich sagt man, es sey verdünstet. Allein was heißt das? Nach der Erklärung der meisten Physiker hat die Luft das Wasser aufgelöst, oder sich auf eine ähnliche Art mit ihm verbunden, wie sich Salz und Wasser verbinden, wenn sie zusammen vermischt werden. Hr. de Lüc aber verwirft diese Erklärung aus Gründen, die ich hier nicht anführen kann, und behauptet, daß sich das Wasser in Dämpfe verwandelt und mit der Luft blos mechanisch vermischt habe. Denn es können sich auch Dämpfe von einer geringen Temperatur in der Luft erhalten, wenn sie nicht den ganzen Druck derselben auszustehen haben; und das ist bey einer solchen Vermischung nicht der Fall, weil die Luft um und zwischen ihnen den ganzen Druck fast allein trägt, und so verhindert, daß sie nicht ganz zusammengepreßt werden. Etwas ähnliches erfahren wir ja beständig an unserm eigenen Körper. Das Gewicht der Luft, die auf ihn drückt, beträgt über 400 Zentner — eine Last, unter der wir den Augenblick erliegen würden, und von der wir doch nichts empfinden, weil sie von der Luft selbst getragen wird. — Können sich aber Dämpfe von einer geringen Temperatur in der Luft erhalten, so können auch bey einer geringen Wärme Dämpfe in ihr entstehen; und die Hitze des kochenden Wassers

ist nur da erforderlich, wo sie den Druck der Luft allein aushalten sollen.

Sie sehen also, daß die Dämpfe ein durchsichtiges elastisches Fluidum sind, das durch Verbindung des Wassers mit dem Feuer oder Wärmestoff erzeugt wird, das zwar bey einer jeden Temperatur in der Luft entstehen kann, aber eine desto größere Elastizität hat, je höher seine Temperatur ist, und das sich endlich durch Kälte sowohl, als durch Zusammendrückung zerstören läßt.

Zweyhundert und sechs und zwanzigster Brief.

Nunmehr werden Sie im Stande seyn, sich eine deutliche Vorstellung von dem Kochen des Wassers zu machen. Wasser kocht alsdann, wenn es so erhitzt ist, daß sich Dämpfe aus ihm entwikkeln, die Kraft genug haben, den Druck der Atmosphäre zu überwinden. Die wellende Bewegung, die man auf der Oberfläche des kochenden Wassers wahrnimmt, wird durch die Blasen verursacht, die ohne Unterlaß aus der Tiefe in die Höhe steigen. Sie bestehen grösstentheils aus Dämpfen — die auf dem Boden, oder an der Seite des Gefäßes, die dem

Feuer am meisten ausgesetzt ist, gebildet werden — zum Theil aber auch aus Luft, die durch die Hitze aus dem Wasser herausgetrieben wird.

Da nun die Hitze, bey welcher Dämpfe entstehen, durch den Druck bestimmt wird, der auf das Wasser wirkt, und der Druck der Atmosphäre, wie uns das Barometer zeigt, an demselben Orte sich nicht beständig gleich bleibt: so ist auch die Hitze des kochenden Wassers nicht immer gleich groß, sondern bey einem höhern Barometerstand wird sie größer, bey einem niedrigern geringer seyn. Hiernach müssen Sie das, was ich oben vom Siedpunkt des Thermometers gesagt habe, berichtigen. Dieser Punkt ist nur bey gleichem Druck der Atmosphäre oder bey gleichem Barometerstand als ein fester Punkt anzusehen; und man hat daher besondere Regeln, nach denen man ihn verbessert, wenn sich der Barometerstand geändert hat.

Während des Kochens ändert sich die Hitze des Wassers nicht, und ein Wasser, das lange kocht, ist nicht heißer, als eines, das eben anfängt zu kochen; vorausgesetzt, daß sich der Druck auf die Oberfläche desselben nicht ändert. Den Grund davon werde ich die Ehre haben, Ihnen in dem nächsten Briefe zu erklären.

Der Druck der Luft nimmt ab, je höher man in ihr hinaufsteigt; folglich wird auch die Hitze des

kochenden Wassers abnehmen, je weiter man sich von der Ebene der Erde entfernt. Auf hohen Bergen z. B. wird ein Thermometer im kochenden Wasser nicht auf denselben Grad steigen, auf den es am Fuß derselben steigt; und ist es recht empfindlich, so wird es schon auf Bergen von verschiedener Höhe, unter übrigens gleichen Umständen, einen verschiedenen Stand annehmen. Herr von Saussüre fand die Hitze des kochenden Wassers auf dem Gipfel des Montblanc nur 155° Fahr. Sie werden daraus die Möglichkeit einsehen, die Höhe der Berge durch Hülfe des Thermometers zu messen. Wirklich hat Hr. Achard in Berlin bereits einen Versuch gemacht, eine Tafel zu verfertigen, nach der sich die Höhe der Berge aus der Temperatur des kochenden Wassers bestimmen läßt.

Was in großen Höhen bey vermindertem Druck der Luft geschieht, dasselbe muß auch auf der Ebene in einer verdünnten Luft geschehen. Unter dem Rezipienten der Luftpumpe kann man das Wasser bey einer sehr geringen Hitze zum Kochen bringen; und in den Pulshammern*) reicht die bloße Wärme der Hand schon dazu hin.

*) Man hat die Pulshammer von sehr verschiedener Art. Gemeiniglich bestehen sie aus 10 bis 12 Zoll langen, und 4 bis 6 Linien weiten, gläsernen Röhren, die an einem oder an beyden Enden eine bau-

Wird dagegen der Druck auf das Wasser verstärkt, so brauchen die Dämpfe eine größere Hitze zu ihrer Entwickelung, und daher steigt alsdann die Temperatur des kochenden Wassers. Sie kann mit leichter Mühe bis zu einer ausserordentlichen Höhe getrieben werden, die Versuche sind aber gefährlich. Man darf nur das Gefäß, worin sich das Wasser befindet, luftdicht verschließen, und es dann aufs Feuer bringen, so wird die Luft in dem Gefäß durch die Hitze ausgedehnt und drückt mit größerer Gewalt, als gewöhnlich, auf die Oberfläche des Wassers. Die Dämpfe brauchen also zu ihrer Entstehung eine größere Hitze, um diesen Druck zu überwinden, und so wie sie sich erheben, wirken sie auf das Wasser zurück, weil sie keinen Ausweg finden. Dadurch wird der Druck immer stärker, und das Wasser nimmt beständig mehr Hitze an, um neue Dämpfe zu bilden, die den vermehrten Druck überwältigen möchten. Auf diese Art könnte es heißer werden, als geschmolzenes Bley oder Zinn, ja als irgend ein geschmolzenes Metall, wenn man ein Gefäß hätte, das der ungeheuren Gewalt der Dämpfe alsdann noch zu widerstehen vermögte. Wenigstens aber

chichte Höhlung haben, und hermetisch versiegelt sind. Inwendig sind sie etwa bis auf den dritten Theil mit Wasser gefüllt, und den übrigen Raum nimmt eine sehr verdünnte Luft ein.

kann man es durch diese Methode in kupfernen Gefäßen weit über den gewöhnlichen Siedpunkt erhizzen.

Papin, derselbe, den ich Ihnen im letzten Briefe genannt habe, machte hiervon eine glückliche ökonomische Anwendung. Er that den Vorschlag, sich solcher verschlossenen Gefäße von Metall in der Küche zu bedienen. Die Speisen können darin in kürzerer Zeit und bey einem geringern Aufwand von Feuerung gar gemacht, selbst das härteste Fleisch weich gekocht, und sogar Knochen in eine Gallerte verwandelt werden. Man nennt daher noch jetzt Gefäße der Art Papinianische Töpfe oder Maschinen; sie werden aber mehr in physikalischen Kabinetten, als in den Küchen gefunden. In Rouen versuchte man eine Zeitlang aus Knochen, die in den Klöstern und andern Haushaltungen gesammelt wurden, im Papinianischen Topf Kraftsuppen für die Armen zu bereiten. Dieser Versuch erregte die Aufmerksamkeit verschiedener französischer Akademien; demohnerachtet aber kam die Sache bald wieder in Vergessenheit. Auch hat Hr. Wilke in Schweden sich viel Mühe gegeben, die Maschine aufs vortheilhafteste zum ökonomischen Gebrauch einzurichten; und es wäre in der That zu wünschen, daß sie nicht so unbenutzt bliebe. Freylich dürfte sie nur mit vieler Vorsicht gebraucht wer-

den. Denn bliebe sie aus Versehen zu lange über dem Feuer stehen, so könnte es einem eben so damit gehen, wie ihrem Erfinder in Cassel mit seinen zum Schießen bestimmten Maschinen; oder wenn man den Deckel zur Unzeit öffnete, so würde die ganze Suppe in den Schornstein fliegen, weil das Wasser, wenn es bis über den Siedpunkt erhitzt ist, sich sogleich in einen sehr elastischen Dampf verwandelt, sobald aller künstlicher Druck von ihm entfernt und der Druck der Atmosphäre allein übrig gelassen wird.

Mit einem ungleich bessern Erfolg hat man die Dämpfe bey dem Maschinenwesen angewandt, und die Dampfmaschinen gehören zu den sinnreichsten Erfindungen, welche die Menschen je gemacht haben. Man versteht darunter alle Arten von Maschinen, die durch die Kraft der Dämpfe in Bewegung gesetzt werden. Die Ideen dazu haben Papin's Versuche gegeben; die ersten Maschinen der Art aber wurden in England gebaut. Man gebrauchte sie anfänglich am meisten in den Bergwerken, um das Wasser aus den Gruben herauszuschaffen; nachher wurden sie auch zu andern Zwecken angewandt. Neuerlich sind sie insbesondere durch die HH. Watt und Boulton sehr vervollkommnet worden. Diese haben unter andern eine Dampfmaschine errichtet, die zwanzig Müh-

lengänge in verschiedenen Stockwerken in Bewegung setzt, das Getraide aus den Booten selbst heraufwindet, und täglich 6480 Scheffel mahlt — wobey das Feuer im Ofen noch obendrein zur Dörrung des Getraides benutzt werden kann. — Eine Münze von denselben Künstlern, die blos durch Dämpfe getrieben wird, soll nach ihrer Versicherung hinlänglich seyn, die Münzen für ganz Europa auszuprägen; obgleich das Gebäude nur 50 Fuß lang und 25 Fuß breit ist. — In Schottland hat man einen glücklichen Versuch gemacht, Boote durch Dampfmaschinen gegen den Strom zu treiben.

Vielleicht haben Sie auch gehört, daß man ganz unlängst in England angefangen hat, in den Treibhäusern Gebrauch von den Dämpfen zu machen. Hier werden sie theils in verschlossenen Röhren überall zwischen den Gewächsen hindurchgeführt, um in dem ganzen Gebäude eine gleichförmige Wärme zu verbreiten, theils läßt man sie das Innere des Gebäudes selbst erfüllen, damit sie sich an die Gewächse anhängen, denen ihre Feuchtigkeit und Wärme ganz besonders gedeihlich ist.

Auch eine Luftpumpe hat man auf die Natur der Dämpfe gegründet, die zwar keine so bequeme Einrichtung hat, als die gewöhnlichen Luftpumpen, auch den Namen einer Pumpe mit Unrecht

führt, dennoch aber eine artige Erfindung ist, und ähnliche Dienste, wie die Luftpumpe leistet. Ihr Erfinder ist Hr. Wilke. Die 51ste Figur wird Ihnen einen Begriff von ihrer Einrichtung geben. AB ist ein ziemlich weites Gefäß von Holz oder Kupfer das inwendig ein anderes Gefäß C enthält, welches von Metall seyn muß. Beyde Gefäße stehen etwa einen Zoll weit von einander ab. Mit dem innern Gefäß steht die Kugel D und der Teller E in Verbindung. Beym Gebrauch wird die Kugel D mit Wasser gefüllt, und ein Kohlenfeuer darunter gebracht. Verschließt man alsdenn die Hähne a und d, und öffnet die andern beyden b und c, so gehen die Dämpfe des kochenden Wassers aus der Kugel in das Gefäß C, treiben die Luft durch die Oeffnung e heraus, und nehmen hier selbst ihren Ausweg. Wenn man merkt, daß alle Luft aus C heraus ist, so verschließt man die Hähne b, c, und öffnet den Hahn a, um die Dämpfe herauszulassen, damit die Kugel nicht in Gefahr kommt, von ihnen zersprengt zu werden. Das Gefäß C ist nun ganz mit Dämpfen erfüllt; gießt man aber in den Zwischenraum zwischen den Gefäßen AB und C kaltes Wasser, so werden die Dämpfe durch die Kälte sogleich zerstört und verwandeln sich in Wasser. Das Wasser nimmt in Vergleich mit den Dämpfen nur einen sehr kleinen Raum ein, und der größte Theil des Gefäßes

C bleibt daher leer*). Man setzt alsdann eine gewöhnliche Glocke auf den Teller E, und öffnet den Hahn d, so verbreitet sich die Luft durch den ganzen noch leeren Raum des Gefäßes C und wird also um so mehr verdünnt, je kleiner die Glocke im Verhältniß gegen C ist.

Dieß sind Beweise genug, wie mannichfaltig und wichtig der Gebrauch ist, der sich von den Dämpfen machen läßt.

Zweyhundert und sieben und zwanzigster Brief.

So wie das Eis bey seinem Uebergang in Wasser eine Menge Wärmestoff bindet, die nichts zur Vermehrung seiner Wärme beyträgt, sondern es blos flüssig macht, so verschluckt auch das Wasser bey seiner Verwandlung in Dämpfe eine Quantität Wärmestoff, die seine Temperatur um nichts erhöht, sondern allein dazu dient, es zu einer elastischen Flüssigkeit zu erheben. Die Menge von Wärmestoff, welche bey der letztern Veränderung,

*) Man rechnet, daß die Dämpfe des kochenden Wassers einen 1600mal größern Raum einnehmen, als das Wasser, aus dem sie entstanden sind.

die man als eine zweyte Schmelzung ansehen kann, gebunden wird, ist wahrscheinlich nach Verschiedenheit der Elastizität der Dämpfe verschieden, bey den Dämpfen des kochenden Wassers aber ist sie viel größer als die, welche bey der Entstehung des Wassers aus dem Eise latent wird. Man rechnet sie in diesem Fall auf 943 Fahr. Grade. Dieß will so viel sagen: wenn der Wärmestoff, den eine gewisse Menge von Dämpfen verschluckt hat, frey wird, so kann er die Temperatur eines Körpers von gleichem Gewicht und von der Capazität des Wassers um 943° erhöhen, wenn sowohl die Natur als die Capazität desselben unverändert bleibt.

Wird also das Wasser in einem offenen Gefäße bis zu 212° erhitzt, so tritt es in den Zustand, worin es sich mit dem Wärmestoff zu einem Dampf vereinigt, der den Druck der Atmosphäre zu überwinden im Stande ist. Alles Feuer, das man ihm alsdann zusetzt, wirkt nicht mehr auf seine Temperatur, sondern wird auf die Bildung der Dämpfe verwandt, die aus dem Wasser emporsteigen, und in die Luft davon gehen. Hierin liegt der Grund, warum die Hitze des kochenden Wassers, wenn es auch noch so lange kocht, und das Feuer noch so sehr verstärkt wird, doch nicht zunimmt. Man kann sich vorstellen, als würde aller Wärmestoff, der durch das Gefäß in das Wasser hinein-

bringt, gleich von der ersten dünnen Schichte Wasser aufgefangen und weggeführt, so daß nichts in das Innere kommen kann. Daher vermindert sich zwar die Menge des Wassers durch das Kochen, weil die Dämpfe ununterbrochen in die Luft steigen, seine Temperatur aber bleibt unverändert.

Lassen Sie uns hiervon die Anwendung auf einige Erscheinungen machen. Daß zinnerne Gefäße, wenn sie offen sind, nicht schmelzen, so lange sich Wasser in ihnen befindet, ist bekannt; es ist auch schon oben bemerkt worden, daß das Wasser, wegen seiner guten Leitungsfähigkeit, den Wärmestoff in sich aufnimmt, oder daß sich der Wärmestoff sehr geschwind in dem Zinn und dem Wasser gleichförmig verbreitet; aber dieß erklärt noch nicht alles. Denn wenn das Wasser bey fortdaurendem Zufluß der Wärme immer heißer würde, so müßte das Zinn doch endlich schmelzen. So aber steigt die Hitze des Wassers nicht über 212°, und bey diesem Grad schmilzt das Zinn noch nicht; alles übrige Feuer verliert sich in den Dämpfen, und wird von diesen in die Luft geführt. So wenig also das Wasser in einem Bassin steigen kann, in welchem es von der einen Seite einen eben so starken Abzug hat, als es von der andern zufließt, so wenig kann die Temperatur des Zinnes sich über 212° erheben, da die Dämpfe ihm von der einen Seite beständig so

zuzi

viel Feuer entziehen, als es von der andern empfängt. Macht man die Oeffnung des Gefäßes zu, und verschließt den Dämpfen den Ausweg, so kann man die Hitze sehr leicht so weit treiben, daß das Zinn schmilzt.

Eben so wohl werden Sie nun einsehen, warum man kein Wasser im Wasser zum Kochen bringen kann, oder warum Wasser, das man in einem noch so dünnen Gefäß in ein anderes offenes Gefäß mit kochendem Wasser hineinhängt, auch durch das stärkste Feuer nicht bis zum Kochen erhitzt werden kann. Es wird zwar die Temperatur des kochenden Wassers, oder 212° Fahr. bekommen — vermöge des Gesetzes, nach dem der Wärmestoff sich in benachbarten Körpern ins Gleichgewicht setzt — aber es wird nicht wirklich kochen, das heißt, es werden keine Dämpfe in ihm emporsteigen, und eine wallende Bewegung auf seiner Oberfläche hervorbringen. Denn wenn das Wasser in dem größern Gefäß einmal bis auf 212° erhitzt ist, so verschluckt es gleich an den Wänden des Gefäßes alles neu hinzukommende Feuer, und läßt nichts bis an die Mitte, geschweige bis in das zweyte Gefäß dringen. Genau betrachtet kocht also selbst das Wasser in dem äußern Gefäß nur an den Seiten und auf dem Boden, um so weniger kann es in dem innern zum Kochen kommen. Hier befindet es sich

nur

nur in dem Zustand, worin es mit dem Wärmestoff Dämpfe zu erzeugen fähig ist, aber an dem Wärmestoff selbst fehlt es ihm.

Selbst alsdann, wenn das Wasser in verschlossenen Gefäßen bis über den Siedpunkt erhitzt wird, fällt es sogleich auf diesen zurück, sobald man den Dämpfen einen Ausweg verschafft. Denn das Wasser kann bey dem Druck der Atmosphäre nur so viel Wärmestoff bey sich behalten, als nöthig ist seine Temperatur auf 212° zu erheben. Der Ueberschuß verbindet sich mit einem Theil desselben zu einem elastischen Dampf. Je weiter es daher über den Siedpunkt erhitzt war, desto mehr Wasser geht bey der Oeffnung des Gefäßes in Dämpfen davon; ja man kann die Erhitzung so weit treiben, daß sich alles Wasser in Dämpfe verwandelt, und im Gefäße nichts zurückbleibt. Diese Versuche lassen sich im Papinianischen Topf sehr gut anstellen.

Nicht alle Flüssigkeiten sind dem Wasser darin ähnlich, daß die Hitze ihres Siedpunktes bey fortdaurendem Kochen sich nicht ändert. So fand Hr. de Lüc z. B., daß die Hitze des kochenden Baumöls nach und nach um mehr als 70° wuchs. Eben so ist es mit dem Wein, mit dem Brandwein, und überhaupt mit allen Flüssigkeiten beschaffen, die nicht aus lauter gleichartigen Theilen bestehen. Darin aber kommen alle tropfbaren

Flüssigkeiten überein, daß sie bey ihrem Uebergang in Dämpfe eine gewisse Menge Wärmestoff binden, die bey ihrer Zersetzung wieder frey wird. Da nun allemal eine Verminderung der Wärme entsteht, wenn Wärmestoff gebunden, und eine Vermehrung derselben, wenn Wärmestoff frey wird, so können wir es als eine allgemeine Regel ansehen, daß, so oft ein tropfbares Fluidum in Dämpfe verwandelt wird, Kälte erzeugt wird. Hingegen wenn Dämpfe in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit zurückkehren, Wärme entsteht. Dieß ist wieder eine sehr wirksame Ursache der Veränderungen, die fast alle Augenblick in der Temperatur der Körper vorgehen.

Tauchen Sie ein empfindliches Thermometer in Wasser von gleicher Temperatur mit ihm, und nehmen es wieder heraus, so wird es sogleich anfangen zu fallen, als das an der Kugel anklebende Wasser zu verdampfen anfängt. Denn das Wasser entzieht den benachbarten Körpern den Wärmestoff, den es zu seiner Verdampfung nöthig hat, und da das Queckſilber ihn leichter fahren läßt, als die Luft, so verliert es auch hier desto mehr, und wird merklich kälter. Bläst man auf die Thermometer-Kugel, oder setzt sie einem Luftzug aus, so fällt das Queckſilber geschwinder und tiefer, weil

die Verdampfung alsdann schneller von statten geht. Noch größer wird die Wirkung, wenn man die Kugel in Weingeist oder gar in Aether eintaucht, weil diese Materien viel schneller verdampfen, als das Wasser; und je schneller eine Flüssigkeit sich in Dämpfe auflöst, desto größer ist die Kälte, die sie hervorbringt.

Durch Mischungen verschiedener Säuren und fein pulverisirter Salze kann man mitten im Sommer eine Kälte zuwege bringen, wobey Wasser und selbst Queckſilber gefriert. Sehr merkwürdig ist, was man bey Versuchen dieser Art beobachtet hat, daß das Wasser oft weit unter den Gefrierpunkt erkältet werden kann, ohne zu gefrieren, daß es aber sogleich die Temperatur von 32° Fahr. annimmt, sobald wirklich Eis entsteht.

Durch die Verdampfung wird es auch begreiflich, wie Menschen und Thiere eine große Hitze ohne Nachtheil aushalten können. Denn je mehr der Körper erhitzt wird, desto häufiger tritt der Schweiß hervor und verdunstet; bey dieser Verdünstung aber entzieht er dem Körper eine Menge Wärmestoff und kühlt ihn ab. Franklin bemerkt, daß die Schnitter sich bey ihrer Arbeit in der stärksten Hitze wohl befänden, so lange sich der Schweiß gehörig absetzte, sobald aber dieser ausbliebe, geriethen sie in Gefahr ohnmächtig oder todt hinzufallen.

In England haben verschiedene Personen den Versuch gemacht, sich in stark geheizten Zimmern, deren Temperatur die Wärme des menschlichen Körpers überstieg, aufzuhalten, und sie haben immer gefunden, daß ein Thermometer, dessen Kugel sie unter die Zunge brachten, tiefer stand, als ein frey hängendes Thermometer; zum Beweis, daß ihr Körper kälter war, als die Luft im Zimmer. Ein gewisser Blagden hielt es sieben Minuten lang in einem Zimmer aus, wo das Thermometer auf 240° — also 28° über den Siedpunkt — stand. Sein Puls schlug 140 mal in einer Minute; neben ihm war Carbonade in 45 Minuten gebraten, und nahm man einen Blasebalg zu Hülfe, in 13. Eyer waren in 20 Minuten hart gekocht. Sein Körper selbst aber hatte nur wenige Grade über der natürlichen Wärme — offenbar darum, weil der starke Schweiß, der den Körper wie eine Schutzwehr umgab, den Wärmestoff nicht in ihn hineindringen ließ, sondern sich sogleich mit ihm zu einem Dampf verband, und ihn von dem Körper ableitete.

Zweyhundert und acht und zwanzigster Brief.

Aus der Aehnlichkeit, die zwischen den dampfartigen und luftförmigen Flüssigkeiten statt findet, hat man geschlossen, daß bey Entstehung der letztern gleichfalls eine gewisse Menge von Wärmestoff gebunden, und bey ihrer Zersetzung wieder frey gemacht werde. Sollte dieß aber auch nicht von allen Luftarten gelten, so findet es wenigstens bey der dephlogistisirten Luft statt, wie wir uns durch unmittelbare Versuche überzeugen können. Inzwischen herrscht in Ansehung dieser Versuche noch eine große Uneinigkeit unter den Physikern, und so wie sie über die Natur der dephlogistisirten Luft sehr verschiedener Meinung sind, so bestimmen sie auch die Menge des in ihr enthaltenen Wärmestoffes sehr verschieden. Darin kommen sie gleichwohl überein, daß sie sehr beträchtlich sey, und daß daher bey ihrer Zersetzung eine große Wärme entstehe. In welchen Fällen aber eine wirkliche Zersetzung vor sich gehe, und auf welche Weise sie geschehe, darüber haben sie sich noch nicht vereinigen können. Der Grund davon ist, daß sich die Sache hier nicht so klar machen läßt, wie bey den Dämpfen; diese sehen wir gleichsam vor unsern Augen aus Wasser und Wärmestoff entstehen, und sich wieder in diese

Bestandtheile auflösen. Die luftförmigen Flüssigkeiten aber können nicht auf eine so einfache Weise zusammengesetzt und zerlegt werden; ihre Grundstoffe lassen sich nicht besonders auffangen und unsern Sinnen erkennbar machen. Man kann daher nur durch Vergleichung einer Menge von Erscheinungen wahrscheinliche Schlüsse über ihre Natur aufstellen. Wir haben schon zu einer andern Zeit von den Luftarten gesprochen, und ich werde jetzt wieder auf einige Versuche und Erscheinungen zurückkommen, die ich Ihnen damals beschrieben habe; vorher aber halte ich es für nothwendig, mich über Wärmestoff, Feuer und Licht, und das Verhältniß, worin sie unter einander stehen, zu erklären. Ich folge dabey einem Manne, dessen Namen ich Ihnen schon oft genannt habe, und der um mehrere Theile der Physik große Verdienste hat — dem Herrn de Lüc.

Wir haben den Wärmestoff gleich zu Anfang als die Ursach der bloßen Wärme, d. i. derjenigen, die nicht mit Helligkeit verbunden ist, bestimmt, und ihn als eine feine elastische Materie beschrieben, die durch alle Körper der Erde verbreitet ist. Wenn er sich mit den Körpern verbindet, so dehnt er sie aus, und erhöht ihre Temperatur, in gewissen Fällen aber ändert er blos ihren Zustand, und macht sie aus festen zu flüssigen, oder aus flüssigen zu dampf-

artigen Körpern. Dieselbe Wirkung hat auch das Feuer, nur daß es noch überdieß leuchtet. Es ist einerley, ob wir ein Stück Eis in die Hand nehmen, oder über ein Feuer halten; in beyden Fällen schmilzt es, obgleich dort die Wärme dunkel und hier leuchtend ist. Eben so steigt ein Thermometer, wenn wir es in kochendes Wasser tauchen, und wenn wir es einer brennenden Kerze nähern. Das Licht ist dem Feuer sehr ähnlich, durch Hülfe eines Brennspiegels können wir eine Hitze hervorbringen, die das stärkste künstliche Feuer noch übertrifft; und in einigen Luftarten scheint es selbst die Ursache der Flüssigkeit zu seyn. Alle drey Substanzen also bringen gleiche Erscheinungen zuwege, und keine darf daher bey einer Theorie der Wärme übersehen werden. Hr. de Lüc sucht ihre Wirkungen auf folgende Art in Uebereinstimmung zu bringen.

Er nimmt an, daß das Licht nicht für sich selbst Wärme hervorbringe, sondern erst wenn es sich mit einem gewissen Stoff, den er die Feuermaterie nennt, verbunden hat. Aus der Verbindung des Lichts mit der Feuermaterie entsteht dasjenige Fluidum, welches wir Wärmestoff genannt, und als die Ursach der dunkeln Wärme betrachtet haben. Der Wärmestoff ist also kein einfacher Körper, sondern er ist auf eine ähnliche Art aus der Feuermaterie und dem Licht zusammengesetzt,

wie die Dämpfe aus dem Wasser und Wärmestoff. Daß er nicht leuchtet, darf uns nicht kümmern; denn das Licht verliert in dieser Verbindung sein Vermögen zu leuchten, und bringt dafür eine andere Wirkung hervor: es macht die Feuermaterie zum Wärmestoff, oder zu einem Fluidum, welches Wärme erzeugt. Eben so verliert der Wärmestoff, wie Sie gesehen haben, seine Kraft zu wärmen, wenn er Eis in Wasser, oder Wasser in Dämpfe verwandelt, und bringt dort Flüssigkeit, hier Elastizität zuwege.

Das Feuer ist nichts anders als ein Wärmestoff, wovon sich ein Theil zersetzt, oder in seine Bestandtheile, Feuermaterie und Licht, aufgelöst hat. Sobald aber das Licht von der Feuermaterie getrennt wird, so leuchtet es wieder, und daher bringt das Feuer Wärme und Helligkeit zugleich hervor.

Wärmestoff und Feuer haben also einerley Bestandtheile, nur fangen diese bey dem letztern zum Theil schon an, sich von einander zu trennen, bey dem erstern aber sind sie noch innig zusammen verbunden. — Nach dieser Erklärung hat das Leuchten des Feuers nichts mit seiner Wärme zu thun, sondern blos der dunkle Theil desselben, der noch unzersetzte Wärmestoff bringt den hohen Grad der Hitze hervor. Denn das Licht ist nur in so fern,

als es mit der Feuermaterie vereinigt ist, und also nicht leuchtet, fähig, Wärme zu erzeugen. Freylich ist das Leuchten ein Zeichen, daß der Wärmestoff in so großer Menge vorhanden und so sehr verdichtet ist, daß ein Theil desselben gezwungen wird, sich in seine Bestandtheile aufzulösen, und daher findet es nur bey hohen Graden der Hitze statt.

Man kann sich nehmlich vorstellen, daß, wenn der Wärmestoff zu sehr in einem Körper angehäuft wird, dasselbe geschieht, was unter ähnlichen Umständen bey den Dämpfen erfolgt: werden diese sehr zusammengepreßt, so zersetzt sich ein Theil von ihnen, und eine gewisse Quantität von Wasser und Wärmestoff wird frey; jenes gibt sich durch die Feuchtigkeit, dieser durch die Wärme zu erkennen. Eben so zersetzt sich der Wärmestoff, wenn er zu stark zusammengedrückt wird; ein Theil von seiner Feuermaterie und von seinem Licht wird frey; die Eigenschaften der erstern in ihrem isolirten Zustande kennen wir nicht, das letztere aber zeigt sich durch die Helligkeit. Bey welchem Grad der Dichtigkeit diese Zersetzung anfängt, läßt sich nicht genau bestimmen; sehr wahrscheinlich aber erfolgt sie nur da, wo eine Zerstörung der dephlogistisirten Luft vor sich geht.

Wenn das Licht sich mit der Feuermaterie verbindet, so entsteht daraus der Wärmestoff; wenn

es sich aber mit dem bereits gebildeten Wärmestoff vereinigt; so giebt es ihm blos eine größere Wirkungskraft, und macht, daß er einen höhern Grad der Wärme hervorbringt. Die Temperatur eines Körpers kann also auf eine doppelte Art erhöht werden: zuerst dadurch, daß man ihm neuen Wärmestoff zusetzt; und dann dadurch, daß man dem in ihm befindlichen Wärmestoff durch das Licht eine größere Intensität giebt. Hierin ist der Wärmestoff wieder den Dämpfen ähnlich, deren Wirkung sich gleichfalls auf eine zwiefache Art verstärken läßt; einmal, wenn man in einen bestimmten Raum immer mehr Dämpfe hineinbringt; ferner wenn man den eingeschlossenen Dämpfen durch Hülfe des Feuers eine größere Elastizität gibt.

Das Licht spielt bey dem Wärmestoff dieselbe Rolle, die dieser bey den Dämpfen spielt; und überhaupt findet nach dieser Theorie zwischen der Flüssigkeit der Dämpfe und der des Wärmestoffes eine große Aehnlichkeit statt.

Bestätigt sich endlich die Entdeckung, daß das Licht, durch seine Verbindung mit gewissen Stoffen, Luftarten erzeugt, so könnte man es als die erste und vornehmste Ursach aller Flüssigkeit ansehen. Das Feuer brächte alsdann nur in so fern Flüssigkeit hervor, als es das Licht in sich enthält; so wie

das Wasser, das seine Flüssigkeit selbst erst dem Feuer verdankt, wieder im Stande ist, andere Körper flüssig zu machen.

Zweyhundert und neun und zwanzigster Brief.

Die Hypothese des Hrn. de Lüc giebt uns einen glücklichen Aufschluß über die Aehnlichkeit der Wirkungen des Wärmestoffes, des Lichts und des Feuers. Der Wärmestoff allein ist die Ursach aller Wärme; er ist aber kein einfaches Fluidum, sondern entsteht erst durch die Verbindung des Lichts mit der Feuermaterie, und erlangt eine desto größere Kraft, je mehr Licht ihm beygemischt wird. Ein Körper wird also wohl erwärmt, wenn man ihn den Sonnenstrahlen aussetzt, aber nicht durch die unmittelbare Wirkung des Lichts, sondern entweder dadurch, daß das Licht mit der Feuermaterie, die es im Körper antrifft, Wärmestoff bildet, oder daß es die Kraft des Wärmestoffs, der in demselben bereits enthalten ist, verstärkt. Das Feuer ist ein sehr verdichteter Wärmestoff, wovon ein Theil sich zersetzt; es ist ein gemischtes Fluidum, das aus Wärmestoff, Licht und Feuermaterie besteht, und

die Wirkungen des Wärmestoffes und des Lichts in sich vereinigt.

Daß diese Hypothese nur Hypothese ist, benimmt ihr von ihrem Werthe nichts. Denn da, wo uns die Natur ihre Geheimnisse nicht ganz verborgen hat, müssen wir uns wenigstens bestreben sie zu errathen, wenn wir sie nicht ganz enthüllen können. Es ist ein Bedürfniß unsers Verstandes, seine Begriffe und Kenntnisse zu ordnen, zu verbinden und eine Einheit in sie hineinzubringen. Daher sind wir stets bemüht, den Zusammenhang zwischen den mannichfaltigen Erscheinungen von einerley Art zu entdecken; selten aber ist dieser so offenbar, daß er sich mit mathematischer Gewißheit bestimmen ließe. In den meisten Fällen läßt er sich nur wahrscheinlich machen; und Hypothesen sind nichts anders als Versuche, diesen wahrscheinlichen Zusammenhang aufzudecken. Außer der Befriedigung, die sie unserm Verstande gewähren, haben sie den Vortheil, uns gleichsam einen Standpunkt anzugeben, von wo wir unsere Beobachtungen mit besserm Erfolg anstellen können, und dienen uns wenigstens als Bilder, die uns von der Wirkungsart der Natur eine deutliche Anschauung geben. In den meisten Hypothesen über das Feuer herrscht eine große Dunkelheit in Ansehung des Unterschieds zwischen der dunkeln und leuchtenden Wärme, die de

Lüc'sche aber zerstreut diese Dunkelheit, und das gereicht ihr zu keiner geringen Empfehlung.

Freylich ist es uns anfangs auffallend, daß das Licht für sich keine Wärme hervorbringen soll, da wir gewohnt sind, die Wärme der Sonne unmittelbar von ihren Strahlen herzuleiten; bey näherer Untersuchung aber gewinnt diese Meinung ausnehmend.

Es ist bekannt, daß es in den höhern Gegenden der Atmosphäre viel kälter als auf der Erde ist, und daß daselbst Jahr aus Jahr ein eine gleichförmige Temperatur herrscht. Daher schmilzt der Schnee auf hohen Gebirgen selbst in den heißesten Ländern und mitten im Sommer nicht. Die Ursachen, die man gemeiniglich davon angiebt, reichen nicht zu, diese Erscheinung zu erklären. Man sagt, die Bergspitzen sind von einer dünnen Luft umgeben, die wenig oder gar nicht erwärmt werden kann, und unfähig ist, die Wärme der in ihr befindlichen Körper zurück zu halten; ferner ist die obere Luft nicht so wie die untere mit Dünsten und andern fremdartigen Theilen überladen, die die Sonnenstrahlen auffangen und weiter verbreiten; endlich sind die Bergspitzen isolirt, und nicht allein von oben her, sondern auch von allen Seiten mit einer kalten Luft umgeben, die ihnen die Wärme beständig entzieht; da hingegen die Oberfläche der Erde eine zusammen-

hängende Fläche ist, die blos von einer Seite die Luft berührt, und sich gegenseitig erwärmt. — Diese Bemerkungen sind nicht ungegründet; aber es ist noch ein Umstand übrig, den man nicht aus der Acht lassen darf, nehmlich, daß das Licht auf die Berge in viel grösserer Menge auffällt, als auf eine gleich große Fläche in der Ebene. Ehe es hier ankommt, wird ein großer Theil durch die Dünste der Atmosphäre aufgefangen; seine Wirkung muß also in der Ebene schwächer als auf den Bergen seyn. So wie die Gestirne auf den Bergen viel glänzender erscheinen, als in der Tiefe, so müßten auch die Sonnenstrahlen dort mehr erwärmen, als hier, wenn sie für sich Wärme erregen könnten, und es wäre also unbegreiflich, warum der Schnee ungeschmolzen bleibt. Nimmt man aber an, daß das Licht selbst nicht warm ist, sondern erst in Verbindung mit der Feuermaterie Wärme hervorbringt, so wird alles sehr leicht. Die Feuermaterie befindet sich am meisten auf der Erde selbst, und in der Nähe derselben, in den tiefern Gegenden der Atmosphäre. Hier kann sich also das Licht mit ihr verbinden und Wärme hervorbringen; in den obern Gegenden der Atmosphäre aber, wo wenig Feuermaterie vorhanden ist, kann es auch nur eine geringe Wärme erzeugen.

Hiermit stimmt eine Beobachtung des Hrn. von Saußüre sehr gut überein, daß die Sonnenstrahlen

auf hohen Bergen in unserm Körper eine stehende unerträgliche Hitze verursachen. Denn in unserm Körper wird beständig Wärmestoff entbunden; dieser dringt in der kalten Bergluft häufiger als gewöhnlich nach der Oberfläche des Körpers, wo seine Kraft durch die heftigen Sonnenstrahlen plötzlich verstärkt wird. Leblose Körper hingegen verlieren ihren Wärmestoff nach und nach, so wie sie in die kältern Gegenden der Luft gebracht werden; das Sonnenlicht allein kann diesen Verlust nicht ersetzen, und daher nimmt ihre Temperatur wirklich ab.

Rührt die Wärme auf unserer Erde nicht unmittelbar von der Sonne her, so haben wir einen Grund mehr, aus dem wir uns die große Verschiedenheit der Klimate solcher Länder, die unter gleichen Breiten liegen, erklären können. Man hat z. B. beobachtet, daß es in Nordamerika im Durchschnitt rauher, als in Europa unter gleichen Breiten ist. Länder, die dort unter dem 40sten Grade liegen, haben ungefähr einerley Klima mit europäischen Ländern von 50° nördl. Breite. Nun können zwar Berge, Wälder, Gewässer, einen großen Antheil an dieser Verschiedenheit haben; es ist aber die Frage, ob diese Ursachen auch immer statt finden, oder ob wir nicht zu viel auf ihre Rechnung schreiben. Alsdann wäre es vielleicht nicht unrecht, an eine ungleiche Vertheilung der Feuermaterie oder des Wärmestoffes zu ge-

denken. Denn es läßt sich sehr wohl begreifen, wie diese Stoffe sich in dem einen Lande mehr anhäufen können, als in den andern. Wo sie aber in grösserer Quantität vorhanden sind, da kann auch eine geringere Menge von Licht eine größere Wärme oder eine mildere Temperatur hervorbringen.

Besonders gewinnt die de Lüc'sche Hypothese, wenn man sie auf unser Sonnensystem anwendet. Wie sehr hat man sich nicht sonst den Kopf zerbrochen, um die Brennmaterialien für das Feuermeer der Sonne herbey zu schaffen? Da sollten ungeheure Gebirge von Salpeter und Schwefel in ihr vorhanden seyn; die Kometen sollten nach und nach von ihr verzehrt, und zuletzt die Planeten, unsere Erde nicht ausgenommen, von ihr verschlungen werden. Man wollte schon von Zeit zu Zeit die ausgebrannten Kohlen und Schlacken in ihr entdeckt haben. Es schien unmöglich, daß sie bewohnt seyn könnte, weil alle organische Körper durch ein solches Feuer zerstört werden müßten. Aehnliche Vorstellungen machte man sich von der ausserordentlichen Hitze, die in dem Merkur, und der erstarrenden Kälte, die in dem Saturn, Uranus und ihren Trabanten herrschen müßte. Man berechnete, daß das Zinn im Merkur an der Sonne schmelzen, Wasser und andere Flüssigkeit beständig sieden müßten.

Alle solche Gedanken sinken zu leeren Träumen herab, sobald mir das Licht nur als die mittelbare Ursache der Wärme betrachten. Nehmen mir an — was jetzt viele Astronomen und Physiker thun, daß das Licht die Sonne wie eine Atmosphäre umgiebt, so können die Berge in diesem Weltkörper so gut wie auf unserer Erde mit beständigem Schnee bedeckt, und die Temperatur in der Ebene, der Temperatur unsrer Erde gleich seyn, wenn die Feuermaterie oder der Wärmestoff daselbst in verhältnißmäßig geringer Quantität vorhanden ist. Dasselbe gilt von der Temperatur des Merkurs und der Venus. Und eben so kann die Wärme in den obern Planeten, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, der Wärme unserer Erde gleich kommen, wenn sie eine verhältnißmäßig größere Menge von Wärmestoff besitzen.

Eine Meinung, aus der sich so vernünftige Folgerungen ziehen lassen, scheint in der That nicht ganz ungegründet zu seyn. Mit leichter Mühe werden Sie die Anwendung darin auch auf andere Fälle, die Erwärmung der Körper durch das Sonnenlicht betreffend, machen können. Vielleicht rührt auch die Strahlung des Wärmestoffes von dem ihm beygemischten Licht her.

Wenn man zwey metallene Hohlspiegel einander gegenüber stellt, und in den Brennpunkt des einen eine glühende Kohle, in den Brennpunkt des andern

aber ein Stückchen Schwamm oder etwas Pulver bringt, so werden diese Körper entzündet. Es scheint also, daß der Wärmestoff strahlenförmig von der Kohle auf den einen Spiegel ginge, von diesem nach dem andern Spiegel in parallelen Strahlen zurückgeworfen, und von hier durch die Reflexion in dem zweyten Brennpunkt vereinigt würde. Nimmt man anstatt einer glühenden Kohle eine gläserne Kugel mit kochendem Wasser, und stellt in den andern Brennpunkt ein Thermometer, so fängt es an zu steigen. Diese Versuche, die neuerlich von Hrn. Pictet in Genf mit vieler Sorgfalt angestellt worden sind, verdienen alle Aufmerksamkeit; und es wäre zu wünschen, daß sie noch genauer beobachtet und mit den mannigfaltigsten Abänderungen angestellt würden.

Zweyhundert und dreyßigster Brief.

Zu den wichtigsten Erscheinungen, die uns das Feuer vor Augen stellt, gehört unstreitig das Verbrennen der Körper. Ueber diese Erscheinung aber sind die Meinungen der Physiker so sehr getheilt, daß es schwer zu entscheiden ist, welche von ihnen den Vorzug verdient. Um Sie nicht mit vielen Hypothesen zu ermüden, will ich Ihnen diejenige bekannt machen, die gegenwärtig den meisten Beyfall zu haben scheint.

Wenn ein Körper sich entzünden soll, so muß er bis auf einen gewissen Grad erwärmt oder erhitzt werden, und zugleich von atmosphärischer oder dephlogistisirter Luft umgeben seyn. Ohne eine von diesen Luftarten besteht, wie Sie wissen, kein Feuer. Ist der Körper einmal entzündet, so brennt er alsdann von selbst fort; in den meisten Fällen wird er zerstört oder in verschiedne Theile zertheilt, jederzeit aber seiner Natur nach bald mehr bald weniger verändert, und die Luft selbst erleidet eine Verminderung ihres Volumens und eine Veränderung ihrer Beschaffenheit. Man hat also hier vornehmlich auf drey Punkte Rücksicht zu nehmen: 1) woher kommt das fortdauernde Feuer? 2) was geht für eine Ver-

änderung mit dem Körper, und 3) was für eine mit der Luft vor?

Um diese Fragen zu beantworten, muß ich Ihnen einiges aus den vorhergehenden Briefen wieder ins Gedächtniß rufen. Sie werden sich erinnern, daß die dephlogistisirte Luft aus dem Sauerstoff und Wärmestoff zusammengesetzt ist, und daß sie den letztern in sehr großer Menge enthält *). Wenn zwey verschiedenartige Stoffe von der Beschaffenheit sind, daß sie sich zusammen zu Einem Körper verbinden können, so sagt man, es finde eine Verwandschaft zwischen ihnen statt, oder man nennt die Kraft, durch welche diese Stoffe zu Einer Masse vereinigt werden, die Kraft der Verwandschaft. Die Größe dieser Kraft oder die Grade der Verwandschaft sind nach Verschiedenheit der Stoffe unendlich verschieden. Dieselbe Materie hat zu dem einen Stoff eine nähere Verwandschaft als zu dem andern, das heißt, sie vereinigt sich mit dem einen Stoff leichter und stärker als mit dem andern. Mischt man meh-

*) Ich habe oben im 211. Briefe gesagt, die Luftarten bestänben aus einem gewissen Grundstoff und der Feuermaterie. Dieß ist aber falsch, wenn man unter der Feuermaterie den unbekannten Stoff versteht, der mit dem Licht Wärmestoff giebt. Es soll dort nichts anders als Wärmestoff selbst heißen. Die Unbestimmtheit dieser Ausdrücke hat den Irrthum veranlaßt.

re Stoffe unter einander, so verbinden sich immer diejenigen zusammen, die die meiste Verwandschaft zu einander haben. Auf diese Art können schon vorhandene Körper zersetzt oder zerstört, und neue gebildet werden.

Nehmen wir an, es bestehe ein Körper A, aus den Materien a und b, und werde mit einem andern Körper B vermischt, zu dessen Materie a eine grössere Verwandschaft hat, als zu b: so vereinigen sich a und B mit einander zu einem neuen Körper, und b bleibt allein übrig oder wird frey.

Der Sauerstoff hat eine Verwandschaft zum Wärmestoff, denn er vereinigt sich mit ihm zur dephlogistisirten Luft. Er kann aber zu andern Materien eine grössere Verwandschaft haben, und sich daher mit ihnen verbinden, wenn er sie irgendwo antrifft. Alsdann wird die dephlogistisirte Luft zersetzt, der Wärmestoff wird frey, und vereinigt sich wieder mit andern Stoffen, zu denen ihn seine Verwandschaft führt.

Das Verbrennen ist nichts anders, als eine solche Trennung des Sauerstoffs vom Wärmestoff, und eine Verbindung desselben mit einer andern Materie; oder es ist eine Zersetzung der dephlogistisirten Luft, deren Grundstoff sich von dem Wärmestoff trennet, um sich mit einer andern Materie, zu welcher er eine grössere Verwandschaft hat, zu verbinden. Aus

dieser Verbindung entsteht ein neuer Körper und der Wärmestoff wird frey, und verbreitet sich in die Luft und die benachbarten Körper. Wenigstens ist dieß die einfachste Art des Verbrennens. Oft entwickeln sich aus dem verbrennenden Körper noch mancherley Stoffe, die mit dem Wärmestoff eine Verbindung eingehen, so daß verschiedne neue Substanzen zum Vorschein kommen — dieß ist eine zusammengesetzte Art des Verbrennens. Die dephlogistisirte Luft spielt immer eine Hauptrolle dabey, und die atmosphärische kann nur in so fern ihre Stelle vertreten, als sie mit ihr vermischt ist.

Ein Beyspiel einer einfachen Verbrennung gibt uns der Phosphor. Wenn man eine Glocke mit reiner dephlogistisirter Luft erfüllt, ein Stückchen Phosphor darunter bringt, und es durch ein Brennglas entzündet, so verbrennt es mit einer überaus lebhaften Flamme. Am Ende hat man anstatt des Phosphors einen Körper, den man Phosphorsäure nennt, und die dephlogistisirte Luft ist gänzlich verschwunden; es sey denn, daß sie in größerer Menge vorhanden war, als es zur Verbrennung des Phosphors bedurfte. In diesem Fall wird noch ein Theil von ihr unverändert übrig geblieben seyn. Und hatte man zu wenig Luft genommen, so bleibt etwas Phosphor unverbrannt; ist aber das Verhältniß zwischen beyden genau getroffen, so bleibt

am Ende weder Luft noch Phosphor übrig, sondern man erhält dafür einen neuen Körper, nehmlich Phosphorsäure.

Wie sind diese Veränderungen zu erklären? Der Phosphor und Sauerstoff haben eine grössere Verwandschaft zu einander, als der Sauerstoff und Wärmestoff. Bringt man also den Phosphor in dephlogistisirte Luft, so suchen beyde Stoffe sich mit einander zu vereinigen. Die Theile des Phosphors aber hängen unter einander selbst noch mit zu grosser Kraft zusammen, als daß sie sich mit dem Sauerstoff verbinden könnten. Diese Kraft des Zusammenhangs muß vorher geschwächt werden, und das geschieht durch die Erhitzung, wodurch die Körper ausgedehnt und ihre Theile weiter von einander entfernt werden. Ist also der Phosphor bis zu dem Grade erhitzt, daß die Kraft der Verwandschaft, die zwischen ihm und dem Sauerstoff statt findet, die Kraft des Zusammenhangs seiner Theile überwindet, so geht die Verbindung wirklich vor sich *). Der

*) Vielleicht, könnte man sagen, bekömmt auch der Phosphor erst bey einer gewissen Temperatur eine so grosse Verwandschaft zum Sauerstoff, daß er sich mit ihm verbindet. Denn die Grade der Verwandschaft zwischen einerley Stoffen sind oft bey verschiedenen Graden der Temperatur sehr verschieden.

Sauerstoff trennt sich von dem Wärmestoff, mit den er die dephlogistisirte Luft ausmacht, und der letztere wird in so großer Menge frey, daß er sich nicht schnell genug in der Luft, die ein schlechter Leiter ist, verbreiten kann, und sich zum Theil zersetzt. Daher das blendende Feuer, das hier auf einmal sichtbar wird. Dieses erhitzt zugleich den übrigen Theil des Phosphors und bewirkt dadurch, daß der Prozeß von selbst weiter fortgehen kann, ohne daß man ferner einer fremden Erhitzung nöthig hat.

Dieser Erklärung zufolge muß das Gewicht der Phosphorsäure gerade so viel betragen, als das Gewicht des Phosphors und der dephlogistisirten Luft, durch deren Verbrennung sie entstanden ist, zusammengenommen — denn der Wärmestoff trägt wegen seiner Feinheit nichts zur Vermehrung oder Verminderung des Gewichts bey. Und so verhält es sich auch in der That. Verbrennt man z. B. 100 Gran Phosphor mit 150 Gran dephlogistisirter Luft, so erhält man 250 Gran Phosphorsäure.

Ein anderes Beispiel einer einfachen Verbrennung giebt uns der Schwefel. Auch er hat eine grössere Verwandschaft zum Sauerstoff, als dieser zum Wärmestoff, und verbindet sich daher mit ihm bey einer gewissen Temperatur. Nur geschieht die Verbindung hier nicht so schnell als im vorigen Fall, und folglich wird auch nicht so viel Wärmestoff auf

einmal frey; daher ist das Feuer nicht so blendend als bey dem Phosphor. Aus der Verbindung des Schwefels mit dem Sauerstoff entsteht die Schwefelsäure, die man sonst auch Vitriolsäure nennt, und das Gewicht derselben beträgt ebenfalls so viel als das Gewicht des Schwefels und der dephlogistisirten Luft zusammengenommen.

Wenn man sich bey diesen Versuchen, anstatt der dephlogistisirten, der gemeinen atmosphärischen Luft bedient, so wird nur ein Theil der Luft verzehrt, und der Ueberrest ist nicht mehr atmosphärische, sondern phlogistische Luft mit etwas fixer vermischt. Denn ein Theil der atmosphärischen Luft besteht aus dephlogistisirter Luft, und nur dieser wird zersezt; die andern beyden Theile, der phlogistische und fixe, bleiben unverändert. Je reiner also die atmosphärische Luft ist, oder je mehr dephlogistisirte Luft sie enthält, desto mehr kann bey der Verbrennung zersetzt werden, und desto geringer muß der Ueberrest seyn. Daher leidet die Luft durch das Verbrennen eine desto grössere Verminderung ihres Volumens, je reiner sie ist *).

Gewöhnlich ist auch die dephlogistisirte Luft noch mit phlogistischer vermischt; und daher bleibt auch bey ihr oft ein Ueberrest, wie bey der atmosphärischen; nur ist er viel geringer.

*) s. oben S. 211.

Nunmehr werden Sie im Stande seyn, die oben angeführten drey Fragen zu beantworten. Das Feuer, das bey dem Verbrennen sichtbar wird, kommt nicht aus dem verbrennenden Körper selbst, sondern aus der ihn umgebenden dephlogistisirten Luft her, die durch ihn zersetzt wird. Es gehört nicht einmal wesentlich zum Prozeß des Verbrennens, sondern spielt eine bloße Nebenrolle dabey; das heißt: die Veränderung, die der verbrennende Körper erleidet, wird, wenigstens bey der einfachen Verbrennung, nicht durch das Feuer bewirkt, sondern durch die Kraft der Verwandschaft, die zwischen dem Körper und dem Sauerstoff statt findet. So wird die Phosphorsäure aus dem Phosphor nicht durch das Feuer erzeugt, sondern durch die Kraft, die den Phosphor mit dem Sauerstoff verbindet, und das Feuer geht als ein überflüssiger Theil davon. Einen Körper verbrennen, heißt eigentlich ihn säuren, oder ihn mit Sauerstoff verbinden, und der ganze Antheil, den das Feuer daran hat, besteht darin, daß es dem Körper denjenigen Grad der Hitze mittheilt, der zu seiner Verbindung mit dem Sauerstoff nöthig ist. Das Feuer ist erst die Folge der Veränderung, die sich mit dem verbrennenden Körper ereignet, und wir sehen es mit Unrecht als die Ursache derselben an.

Die andern beyden Fragen: was für eine Veränderung der verbrennende Körper, und was für eine die Luft erleidet? — beantworten sich hieraus von selbst.

Zweyhundert und ein und dreyßigster Brief.

Das Verbrennen ist eine zu merkwürdige Erscheinung, als daß ich ihr nicht noch einen Brief widmen sollte. Sie haben gesehen, daß das Feuer aus der Zersetzung der dephlogistisirten Luft entsteht, und daß diese zersetzt wird, wenn sich der Sauerstoff mit einem Körper verbindet, zu dem er eine größere Verwandschaft, als zu dem Wärmestoff hat. Diejenigen Körper, die wegen ihrer Verwandschaft zum Sauerstoff die dephlogistisirte Luft zersetzen können, werden **brennbare** Körper genannt. Ihre Klasse ist überaus zahlreich. Es gehören dahin nicht nur die meisten vegetabilischen und animalischen Substanzen, als, das Holz, das Harz, die Oele, das Fett, der Weingeist u. a. m. sondern auch selbst die Metalle. Sie werden sich erinnern, daß man eine Stahlfeder in dephlogistisirter Luft ohne Schwierigkeit verbrennen kann; aber auch die atmosphärische Luft ist tauglich

dazu, nur geschieht die Verbrennung in ihr nicht so schnell und mit einem so lebhaften Licht, wie in jener. Die wenigsten Metalle verbrennen mit einer Flamme, sondern nur mit einem Glühen, weil ihre Verbindung mit dem Sauerstoff langsam von statten geht, und folglich nicht so viel Wärmestoff auf einmal frey wird, daß sich eine große Menge davon zersetzen könnte. Man pflegt auch diesen Prozeß nicht eine Verbrennung, sondern eine Verkalchung, und das verbrannte Metall einen Metallkalch zu nennen. Es ist aber eine wahre Verbrennung, und zwar von der einfachen Art: die dephlogistisirte Luft wird zersetzt, indem sich der Sauerstoff mit dem Metall verbindet. Das Metall gewinnt dadurch so viel an Gewicht, als die Luft daran verliert. Aus zehn Pfund Bley erhält man eilf Pfund Bleykalch.

Die Metallkalche unterscheiden sich von ihren Metallen dadurch, daß sie nicht mehr so glänzend und dehnbar, wie diese, sondern brüchig und unschmelzbar sind, und sich nicht mehr durch Hämmern verarbeiten lassen. Man kann sie aber wieder in Metalle verwandeln, oder reduciren, wenn man ihnen den Sauerstoff entzieht, wozu die Chemie mancherley Wege an die Hand giebt.

Holz, Stroh, Oel und andere organische Körper, oder aus diesen erzeugte Stoffe, verbrennen nicht auf eine so einfache Art, wie der Phosphor,

der Schwefel, die Metalle. Bey dem Holz z. B. entsteht durch das Verbrennen Asche, Ruß, Rauch. Hier findet also keine einfache Verbindung des Sauerstoffes mit dem Holze statt; und dieß kommt daher, weil das Holz kein elementarischer, sondern ein sehr zusammengesetzter Körper ist. Aus solchen Körpern wird durch die Hitze brennbare Luft entwickelt, deren Grundstoff (der Wasserstoff) sich mit dem Sauerstoff zu Wasser, oder vielmehr zu einem Wasserdampf verbindet, wobey eine sehr große Menge von Wärmestoff plötzlich frey wird. Das Feuer entsteht also aus der Zersetzung der brennbaren und dephlogistisirten Luft. Die dadurch bewirkte Hitze dient nicht nur zur fernern Entwickelung der brennbaren Luft, sondern sie verflüchtigt zugleich eine Menge Theile, die als Rauch in die Höhe steigen. Der unverbrennliche Theil bleibt als Asche zurück. Der Wasserdampf, der aus den verbrannten Luftarten erzeugt wird, steigt mit dem Rauch in die Höhe und zerstreut sich in der Luft. Es bleibt uns also nur wenig von dem verbrannten Holz übrig, und es scheint daher, als wenn das Feuer das meiste verzehrt und vernichtet hätte, ob es gleich nur unter einer veränderten Gestalt davon gegangen ist.

Es würde mich viel zu weit führen, wenn ich auch nur die vornehmsten Arten von Brennmaterialien besonders durchgehen wollte, und ich habe mei-

nen Zweck erreicht, wenn Sie von der Entstehung des Feuers und von der Beschaffenheit des Verbrennens überhaupt eine richtige Vorstellung erlangt haben. Indessen will ich doch ein paar Worte noch vom Brennen der Lichter und Oellampen sagen, da wir mit diesen täglich zu thun haben. Das Fett ist bey der gewöhnlichen Temperatur der Luft ein fester Körper; bey einer Wärme von hundert und etlichen Graden aber schmilzt es, und bey einer noch grössern Hitze fängt es an zu kochen. Das Oel erlangt durch die Wärme eine größere Flüssigkeit und fängt ungefähr bey 600° Fahr. an zu kochen. Während des Kochens nehmen beyde an Hitze zu, bis sie sich endlich entzünden. Sie verbinden sich aber nicht unmittelbar mit dem Sauerstoff, sondern es entwickelt sich aus ihnen, wie aus dem Holz, brennbare Luft, die sich mit der dephlogistisirten zersetzt. Es entsteht hier also ebenfalls Wasser, das sich in Dämpfen in die Luft erhebt. Bringt man über dem Feuer einen Helm an, so kann man das Wasser auffangen, und sich durch den Augenschein von seiner Entstehung überzeugen.

Fett und Oel brennen also bey einer gewissen Temperatur für sich selbst, ohne Beyhülfe eines andern Körpers. Gleichwohl thun wir in unsern Lichtern und Lampen noch sehr weislich einen Tocht hinzu — und was erlangen wir dadurch für einen

Vortheil? Ohne Tocht müßte man alles Fett oder Oel auf einmal bis zu dem Grad erhitzen, wo es sich entzündet, und alsdann würde es so schnell und mit einem so heftigen Feuer verbrennen, daß in wenigen Augenblicken alles verzehrt, und die Feuerung sehr gefährlich seyn würde. Der Tocht aber macht, daß nur wenig Fett auf einmal bis zum Brennen erhitzt, und das Ganze nach und nach verzehrt wird. Wenn man nehmlich den Tocht ansteckt, so wird durch die Hitze etwas Fett geschmolzen, das sogleich in den Zwischenräumen des Tochts, wie das Wasser in einem Haarröhrchen in die Höhe tritt, und hier von dem Feuer so stark erhitzt wird, daß es sich entzündet. Nun ist der Prozeß eingeleitet. Durch die Hitze wird immer das zunächst befindliche Talg geschmolzen, in dem Tocht in die Höhe gezogen, und seiner brennbaren Luft beraubt, die sich mit der dephlogistisirten zersezt. Eben diese entzündete brennbare Luft macht, mit dem Wasserdampf und den übrigen verflüchtigten Theilen vermischt, die Flamme des Lichts aus. Die Luft umher wird durch die Hitze ausgedehnt und verdünnt, sie steigt in die Höhe und an ihre Stelle dringt von allen Seiten neue Luft herbey, die sich gleichfalls erhitzt, in die Höhe hebt, und durch neue Luft ersetzt wird. Auf diese Art entsteht ein Strom oder Zug von Luft, der von allen Seiten auf die Flamme zugeht, und über der-

selben in die Höhe steigt. Dadurch bekommt die Flamme die kegelförmige Gestalt, und eben hieraus erklärt es sich, warum es über ihr viel heisser ist, als in gleicher Entfernung neben ihr. — Durch die Unreinigkeiten des Talgs werden die feinen Kanäle des Tochts bald verstopft und der Tocht verkohlt sich; es entwickelt sich dabey etwas fixe Luft, von der das blaue Feuer, an dem untern Ende der Flamme, herrührt. Denn wird die brennbare Luft mit fixer vermischt, so brennt sie mit einer blauen Flamme. — Wie es mit dem Licht ist, so ist es auch mit der Lampe, nur daß das Oel nicht erst durch die Hitze geschmolzen, sondern höchstens flüssiger gemacht zu werden braucht.

Zweyhundert und zwey und dreyßigster Brief.

Ich hoffe, daß die beyden vorhergehenden Briefe Ihnen einen befriedigenden Aufschluß über die Entstehung des Feuers gegeben haben; lassen Sie uns jetzt auch sehen, wie man ein entstandenes Feuer wieder auslöscht. Von einem Mittel habe ich schon oben gesprochen, welches darin bestand, daß man der Luft den Zugang zu dem brennenden Körper ver-

verwehrt. Denn sobald es diesem an dephlogistisir-
ter Luft fehlt, die er zersetzen kann, sobald hört das
Feuer auf. Ein anderes Mittel, das bey einer klei-
nen Flamme sehr anwendbar ist, ist das Blasen; und
dieses ist desto sonderbarer, da es auch dazu dient,
eine erloschene Flamme wieder herzustellen. — Ein
Licht wird ausgeblasen, wenn die entzündete brenn-
bare Luft so schnell von dem Tocht hinweggerissen
wird, daß das herzufliessende Fett oder Oel sich nicht
genug erhitzen kann, um brennbare Luft zu entwickeln.
Will man aber ein Licht anblasen, so muß es gleich
nach dem Auslöschen der Flamme geschehen, wenn
der Tocht noch glimmt; alsdann steigt aus diesem
noch brennbare Luft empor, und zersetzt sich mit der
dephlogistisirten, die durch das Blasen herbeygeführt
wird. Fehlt aber die brennbare Luft, oder wird sie
von dem Tocht nicht hinlänglich erhitzt, so bläst man
umsonst.

Wenn man den Rauch eines ausgelöschten
Wachsstockes in die Flamme eines Lichts gehen läßt,
so entzündet er sich oft und steckt den Wachsstock in
einer ziemlichen Entfernung von der Lichtflamme an.
Dieß ist gleichfalls blos der brennbaren Luft zuzu-
schreiben.

Das allgemeinste Mittel ein Feuer auszulöschen
bleibt indessen das Wasser, und Sie werden
leicht einsehen, durch welche Eigenschaften dieses

vorzüglich geschickt dazu ist. Beym Löschen kommt alles darauf an, daß das entwickelte Feuer so schnell als möglich von einem Körper aufgenommen werde, der es bindet, oder doch seine Wirkung hemmt, ohne selbst entzündet zu werden. Kann es den brennenden Körper nicht mehr so stark erhitzen, als nöthig ist, um die brennbare Luft aus ihm zu entwickeln, oder ihm die Temperatur zu geben, bey welcher er die dephlogistisirte Luft zersetzt, so muß es ausgehen. Das Wasser ist ein sehr guter Leiter des Wärmestoffes, es nimmt ihn also sehr schnell in sich auf, wenn es mit dem brennenden Körper in Berührung kommt; und da es erst bey 212° kocht, und bey seiner Verwandlung in Dämpfe über 900° bindet, so macht es eine große Menge von Feuer unwirksam, und kühlt den Körper sehr ab. Hierzu kommt noch, daß es wegen seiner Flüssigkeit in alle Winkel des Körpers eindringt, und durch seine genaue Berührung mit demselben die Luft von ihm abhält. Das Oel würde ein noch wirksameres Mittel seyn, da es erst bey 600° kocht, und also eine noch grössere Menge von Feuer auf einmal verschluckt; es wird aber dadurch unbrauchbar, daß es sich bey grosser Hitze selbst entzündet. Man müßte es in solchem Ueberfluß ins Feuer giessen, daß es nicht viel über 600° erhitzt werden könnte. Hr. de Luc erzählt, daß, als er einmal Baumöl bis zu 620° Fahr. erhitzte, und es an-

fing zu brennen, er zum Schrecken der Umstehenden kaltes Oel auf die brennenden Stellen gegossen habe; das Feuer aber wäre gleich erloschen. Denn um das kalte Oel bis zum kochen zu erhitzen, gehörte mehr Feuer, als hier frey war. Hätte er Wasser genommen, so würde dieß den Augenblick in Dämpfe verwandelt worden seyn, und das Oel mit grosser Gefahr der Anwesenden umher gesprützt haben. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit dem Fett, und unsere Köchinnen wissen sehr wohl, daß sie in brennendes Fett kein Wasser giessen dürfen — das beste ist anderes, geschmolzenes oder kaltes, Fett.

Wenn man einen Körper durch Feuer erwärmet oder bis zum Entzünden erhitzt, so wird ihm die Wärme offenbar von aussen mitgetheilt. Es giebt aber auch ein Mittel ihn ohne Beyhülfe eines fremden Feuers zu erwärmen; und man kann also eine doppelte Wärme (in Rücksicht auf die Art ihrer Entstehung) unterscheiden, — so wie man eine doppelte Elektrizität hat — eine mitgetheilte und eine ursprüngliche. Ja sogar wird die ursprüngliche Wärme durch dasselbe Mittel erzeugt, wodurch die ursprüngliche Elektrizität erregt wird, nehmlich durch das Reiben. Wem ist es nicht bekannt, daß, wenn man zwey feste Körper an einander reibt, sie sich nicht nur erwärmen, sondern in manchen Fällen selbst bis zum Entzünden erhitzen. Viele Künstler

und Handwerker erfahren dieß beständig bey ihren Arbeiten, als, beym Bohren, Sägen, Hämmern, Feilen, Drechseln, u. s. w. Wir lassen die Achsen und Räder am Wagen einschmieren, nicht blos um den Pferden die Last zu erleichtern, sondern auch um das Entzünden zu verhüten. Manche Völker haben die Gewohnheit ihr Feuer durch ein schnelles Reiben zweyer Hölzer anzumachen; und unser Feueranschlagen beruht auf demselben Grunde; denn die Funken sind nichts anders, als kleine Stahlstückchen, die durch den Schlag des Steins abgerissen und bis zum Glühen erhitzt werden. Es ist also wohl der Mühe werth zu untersuchen, auf welche Weise hier die Wärme entsteht. Bis jetzt aber hat man der Sache noch nicht ganz auf den Grund kommen können.

Wollte man von der oben bemerkten Aehnlichkeit zwischen den Dämpfen und dem Wärmestoff, eine Anwendung auf diesen Fall machen, so könnte man sagen: so wie die Dämpfe eine grössere Elastizität oder Wirksamkeit bekommen, wenn sie zusammengedrückt werden, (doch so daß sie sich nicht zersetzen), so erlangt auch der Wärmestoff durch die Zusammenpressung eine grössere Kraft. Nun wird ein Körper durch ein schnelles Reiben unstreitig zusammengepreßt, folglich auch der in ihm enthaltene Wärmestoff, wenn er nicht geschwind genug entweichen kann.

Der letztere wird dadurch wirksamer, und erhöht die Temperatur des Körpers; und wenn dieser heiß genug wird, um die dephlogistisirte Luft zu zersetzen, so fängt er an zu glühen, oder in völlige Flammen zu gerathen.

Dieser Erklärung zufolge bringt das Reiben die Wärme ohne Beyhülfe der atmosphärischen Luft zu wege. Diese wird nur da erforderlich, wo ein Glühen oder ein Feuer entstehen soll. Auch hat Hr. Pictet wirklich gefunden, daß beym Reiben im luftleeren Raume Wärme erzeugt wird.

Ueberhaupt bemerken wir, daß bey vielen Naturbegebenheiten Wärme entsteht, wie z. B. beym Löschen des Kalchs, bey Vermischung des Vitriolöls mit Wasser oder Oel, bey der Auflösung der Metalle in Säuren, bey der Gährung, u. a. m. Hier liegt die Ursache der Wärme bald in einer Verminderung der Capazitäten, bald in einer Verwandlung flüssiger Körper in feste, oder dampfförmiger in flüssiger, bald in einer Zersetzung von Luftarten und dergl.; wir dürfen uns aber nicht rühmen, in allen Fällen die wahre Ursache bereits zu kennen, und es ist hier noch sehr viel für den Physiker zu thun übrig.

Einen merkwürdigen Quell der Wärme haben wir an unserm eigenen Körper, dessen Temperatur die Temperatur der Atmosphäre in der Regel um vie-

le Grade übertrifft, aus dem beständig Wärmestoff in die Luft und andere Körper übergeht, und der gleichwohl seine einmal angenommene Wärme nie beträchtlich verändert. Diese wunderbare Erscheinung muß unsere Aufmerksamkeit um so mehr auf sich ziehen, da sie uns so nahe angeht, und ich glaube daher diesen Brief und diese ganze Materie nicht besser als mit einer kurzen Erklärung derselben schliessen zu können.

Die Wärme unsers Körpers rührt vornehmlich von der Wärme des Blutes her; das Blut empfängt die Wärme in den Lungen, man muß also diese als das Hauptwerkzeug zur Erhaltung der natürlichen Wärme ansehen. Dieß kann man schon daraus schließen, daß nicht nur alle warmblütigen Thiere mit Lungen versehen sind, die kaltblütigen hingegen, nicht; sondern daß auch unter den warmblütigen Thieren die Vögel, deren Lungen verhältnißmäßig am größten sind, das wärmste Blut haben.

Die Lungen sind die Werkzeuge zum Athemholen; in dem Athemholen also muß der Grund der thierischen Wärme verborgen liegen. Sie erinnern sich, daß die Luft, die wir ausathmen, nicht mehr dieselbe ist, die wir einathmen. Sie erleidet in den Lungen eine Veränderung, die ihrer Veränderung beym Verbrennen ähnlich ist. Wir finden, daß die ausgeathmete Luft viel weniger dephlogistisirte und weit

mehr fixe Luft enthält, als die eingeathmete; folglich ist ein Theil der dephlogistisirten Luft zersetzt, und eben dadurch eine große Menge von Wärmestoff entbunden worden. Also ist die Zersetzung der dephlogistisirten Luft in den Lungen die nächste Ursache der thierischen Wärme. So viel sehen wir mit ziemlicher Klarheit ein. Fragen wir aber nach den einzelnen Umständen, die dabey vorkommen, so fallen die Antworten der Physiker und Physiologen verschieden aus. Ich will daher nur bey dem stehen bleiben, worin alle oder doch die meisten übereinstimmen. Das venöse Blut, das aus dem Herzen in die Lungen kommt, ist schwärzlich oder von sehr dunkelrother Farbe; das arterielle hingegen, das aus den Lungen nach dem Herzen zurückgeht, ist hellroth, wärmer und hat eine größere Capazität, als das venöse. Diese Veränderung erleidet das Blut bey seinem Uebergang aus den Lungenarterien in die Lungenvenen, wo es von der eingeathmeten Luft nur durch eine ganz feine Haut getrennt ist, die ihre gegenseitigen Wirkungen auf einander nicht hindert. Aus dem Blut gehen gewisse Bestandtheile in die Luft über, und es empfängt dafür von dieser eine ansehnliche Menge von Wärmestoff, die es wegen seiner größern Capazität aufnehmen kann, ohne beträchtlich erhitzt zu werden. Wird es nun von neuem durch den Körper verbreitet, so mischen sich ihm nach und nach wieder jene Stoffe

bey, die es in den Lungen absetzt, seine Capazität vermindert sich, der Wärmestoff wird entbunden und durch den ganzen Körper vertheilt.

Da bey einem jeden Athemzuge ein Theil der dephlogistisirten Luft zersetzt wird, und diese zu den nothwendigen Veränderungen des Blutes unentbehrlich ist, so sieht man, warum eine bestimmte Menge von Luft durch fortgesetztes Athmen irrespirabel wird. Auf der andern Seite erhellet, wie eine reinere Luft eine größere Wärme in dem Körper erzeugt, und wie daher das Athmen einer unvermischten dephlogistisirten Luft in manchen Fällen nachtheilig werden kann *).

Ausser dem Blut tragen ohne Zweifel auch noch die Veränderungen, die mit den Speisen und Säften in unserm Körper vorgehen, zur Erhaltung der Wärme bey. Durch die Verdauung werden die Speisen zerlegt und verändert, wobey oft eine Verminderung ihrer Capazitäten bewirkt und Wärmestoff entbunden werden kann. Die Säfte verwandeln sich in Gallerte, Fleisch, Knochen und dergl. und setzen dabey den Wärmestoff ab, den sie zu ihrer Flüssigkeit nöthig hatten.

*) s. oben S. 224.

Ende des dritten und letzten Bandes.

Ver-

Vergleichung der Folge der Briefe in der alten und in dieser Ausgabe.

Alte Ausgabe.				Neue Ausgabe.	
Der 1ste bis 8te Brief ist gleich dem 1sten bis 8ten Briefe.					
Der	9	Brief	ist gleich dem	10	Briefe.
—	10	—	— —	11	—
—	11	—	— —	12	—
—	12	—	— —	13	—
—	13	—	— —	14	—
—	14	—	— —	15	—
—	15	—	— —	16	—
—	16	—	— —	17	—
—	17	—	— —	18	—
—	18	—	— —	19	—
—	19	—	— —	20	—
—	20	—	— —	21	—
—	21	—	— —	22	—
—	22	—	— —	23	—
—	23	—	— —	24	—
—	24	—	— —	25	—
—	25	—	— —	26	—
—	26	—	— —	27	—
—	27	—	— —	28	—
—	28	—	— —	29	—
—	29	—	— —	30	—
—	30	—	— —	31	—
—	31	—	— —	32	—

Alte Ausgabe.				Neue Ausgabe.		
Der	32	Brief	ist gleich	dem	33	Briefe
—	33	—	—	—	34	—
—	34	—	—	—	35	—
—	35	—	—	—	36	—
—	36	—	—	—	37	—
—	37	—	—	—	43	—
—	38	—	—	—	44	—
—	39	—	—	—	45	—
—	40	—	—	—	46	—
—	41	—	—	—	47	—
—	42	—	—	—	48	—
—	43	—	—	—	49	—
—	44	—	—	—	50	—
—	45	—	—	—	98	—
—	46	—	—	—	99	—
—	47	—	—	—	100	—
—	48	—	—	—	101	—
—	49	—	—	—	102	—
—	50	—	—	—	103	—
—	51	—	—	—	104	—
—	52	—	—	—	105	—
—	53	—	—	—	106	—
—	54	—	—	—	107	—
—	55	—	—	—	108	—
—	56	—	—	—	109	—
—	57	—	—	—	110	—
—	58	—	—	—	111	—
—	59	—	—	—	112	—
—	60	—	—	—	113	—
—	61	—	—	—	114	—
—	62	—	—	—	115	—
—	63	—	—	—	116	—

Alte Ausgabe.				Neue Ausgabe.	
Der	64	Brief	ist gleich dem	117	Briefe.
—	65	—	— —	118	—
—	66	—	— —	119	—
—	67	—	— —	120	—
—	68	—	— —	121	—
—	69	—	— —	122	—
—	70	—	— —	123	—
—	71	—	— —	124	—
—	72	—	— —	125	—
—	73	—	— —	126	—
—	74	—	— —	127	—
—	75	—	— —	128	—

Der 76ste bis 132ste Brief sind ganz weggelassen. Was in dem 133 — 136sten Briefe von den Farben gesagt wird, steht größtentheils schon in dem 26sten bis 28sten Briefe der alten Ausgabe, und das Neuhinzugekommene ist den Briefen über denselben Gegenstand im ersten Bande, vornehmlich dem 27sten bis 29sten der neuen Ausgabe, eingewebt.

Der	137	Brief	ist gleich dem	9	Briefe.
—	138	—	— —	129	—
—	139	—	— —	130	—
—	140	—	— —	131	—
—	141	—	— —	132	—
—	142	—	— —	133	—
—	143	—	— —	134	—
—	144	—	— —	135	—
—	145	—	— —	136	—
—	146	—	— —	137	—
—	147	—	— —	138	—
—	148	—	— —	139	—

Alte Ausgabe.			Neue Ausgabe.	
Der	149	Brief ist gleich dem	140	Briefe.
—	150	— — —	141	—
—	151	— — —	142	—
—	152	— — —	143	—
—	153	— — —	144	—
—	154	— — —	145	—
—	155	— — —	169	—
—	156	— — —	170	—
—	157	— — —	171	—
—	158	— — —	172	—
—	159	— — —	173	—
—	160	— — —	174	—
—	161	— — —	175	—
—	162	— — —	176	—
—	163	— — —	177	—
—	164	— — —	178	—
—	165	— — —	179	—
—	166	— — —	180	—
—	167	— — —	181	—
—	168	— — —	182	—
—	169	— — —	183	—
—	170	— — —	184	—
—	171	— — —	185	—
—	172	— — —	186	—
—	173	— — —	187	—
—	174	— — —	188	—
—	175	— — —	189	—
—	176	— — —	190	—
—	177	— — —	191	—
—	178	— — —	192	—
—	179	— — —	193	—
—	180	— — —	194	—

Alte Ausgabe.			Neue Ausgabe.	
Der	181	Brief ist gleich dem	195	Briefe.
—	182	— — —	196	—
—	183	— — —	197	—
—	184	— — —	198	—
—	185	— — —	199	—
—	186	— — —	200	—

Was der 187 — 190ste Brief enthält, ist theils schon in dem 45sten und 46sten Briefe der neuen Ausgabe begriffen, theils macht es den 51sten Brief derselben aus.

Der	191	Brief ist gleich dem	52	Briefe.
—	192	— — —	53	—
—	193	— — —	54	—
—	194	— — —	55	—
—	195	— — —	56	—
—	196	— — —	57	—
—	197	— — —	58	—
—	198	— — —	59	—
—	199	— — —	60	—
—	200	— — —	61	—
—	201	— — —	62	—
—	202	— — —	63	—
—	203	— — —	64	—
—	204	— — —	65	—
—	205	— — —	66	—
—	206	— — —	67	—
—	207	— — —	68	—
—	208	— — —	69	—
—	209	— — —	70	—
—	210	— — —	71	—
—	211	— — —	72	—

Alte Ausgabe.				Neue Ausgabe.	
Der	212	Brief	ist gleich dem	73	Briefe.
—	213	—	— —	74	—
—	214	—	— —	75	—
—	215	—	— —	76	—
—	216	—	— —	77	—
—	217	—	— —	78	—
—	218	—	— —	79	—
—	219	—	— —	80	—
—	220	—	— —	81	—
—	221	—	— —	82	—
—	222	—	— —	83	—
—	223	—	— —	84	—
—	224	—	— —	88	—
—	225	—	— —	89	—
—	226	—	— —	90	—
—	227	—	— —	91	—
—	228	—	— —	92	—
—	229	—	— —	93	—
—	230	—	— —	94	—
—	231	—	ist begriffen in dem	33	—
—	232	—	ist gleich dem	95	—
—	233	—	— —	96	—
—	234	—	— —	97	—

Register

über alle drey Bände.

(Die römische Zahl bedeutet den Band, die gemeine die Seite.)

Abweichung, magnetische, s. Magnetnadel.

Aeolipile, s. Dampfkugel.

Aequator, III, 6. Größe 8. magnetischer 90.

Aerostat, s. Luftschiff.

Aether, die Ursache des Lichts, I, 108. der elektrischen Erscheinungen, II, 149. der thierischen Bewegungen, II, 186.

Affinität, s. Verwandschaft.

Akkord, musikalischer, I, 19.

Amalgama, II, 271.

Antipoden, II, 17.

Anziehen und Zurückstoßen, elektrisches, II, 145. 164. 259. magnetisches, III, 139.

Anziehung, allgemeine, I, 227. II, 40. Beschaffenheit 44. Größe 51. Ursache 100.

Apotheose, Bosische, II, 188.

Aschentrecker, s. Turmalin.

Athmen, verändert die Luft, III, 212. Ursach der thierischen Wärme III, 406.

Atmosphäre, I, 78. 525. Vortheile, die sie uns in Rücksicht auf die Erleuchtung gewährt, I, 553. Temperatur in den obern Gegenden, I, 95. III, 381. elektrische, II, 174. 287.

Attraction, s. Anziehung.
Auge, Bau, I, 269. Nutzen der verschiedenen Feuchtigkeiten 277. kurzsichtiges und weitsichtiges 284.
Auslader, II, 312.

Barometer, I, 66. 76.
Batterie, elektrische, II, 320.
Beatifikation, s. Apotheose.
Berge, Kälte auf hohen, I, 96. III, 381. Höhe durchs Thermometer zu messen 359.
Bewegung, wirkliche und scheinbare, II, 120. gleichförmige, ungleichförmige 125. Richtung 124. Hindernisse 130. Gesetze 120.
Bild, im Auge, I, 189. im ebenen Spiegel 250. im Hohlspiegel 478. bey erhabenen Gläsern 262. 266. 291. 296. 327. bey hohlen 264. 332. undeutliches, wegen der Kugelgestalt 278. 415. wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen 279. 436. Mittel dagegen 424. 441. undeutliches, auf der Netzhaut 283.
Blendung, im Fernrohr, I, 418. 469. im Auge 270.
Blitz, s. Gewitter. — Richmann dadurch getödtet, II, 214. Wirkungen 222. Einschlagen 225.
Blitzableiter, von Divisch, II, 226. von Euler 229. von Franklin 364. ob sie erlaubt sind 227.
Breite, geographische, III, 14. Mittel, sie zu finden 30.
Brennglas, s. Gläser.
Brennpunkt, beym erhabenen Glase, I, 263. 267. 289. beym hohlen 332. beym Hohlspiegel 476.
Brennspiegel, s. Spiegel.
Brennweite, I, 267. 290. gleich große bey Gläsern von verschiedener Gestalt 431. beym Hohlspiegel 476.
Brille, mit erhabenen Gläsern, I, 330. mit hohlen, I, 331.
Büschel, elektrischer, II, 193.

Capazität, für die elektrische Materie, II, 305. für den Wärmestoff, III, 338.
Chronometer, III, 58.
Collektor, s. Zuleiter und Elektrizitätssammler.
Compaß, III, 184.

Condensator, II, 353.
Conduktor, II, 272.
Consonanz, I, 21. 145.

Dämmerung, I, 537 ff.
Dämpfe, III, 349 ff.
Dampfkugel, III, 350.
Dampfmaschine, III, 362.
Dioptrik, I, 200.
Direktoren, II, 188.
Dissonanz, I, 21.
Donner, s. Gewitter.
Drache, elektrischer, II, 360.
Dynamik, s. Mechanik.

Ebbe und Fluth, II, 77. wenn sie am größten 95.
Echo, I, 132.
Eis, III, 303. 345. künstliches im Sommer 371.
Eispunkt, künstlicher, III, 317. natürlicher 320.
Elektrisiren, II, 236.
Elektrisirmaschine, II, 179. 269.
Elektrizität, II, 144. 164. 236. Kennzeichen 145. 235. entsteht aus einer Störung des Gleichgewichts des Aethers 153. Mittel, sie zu erregen 163. ursprüngliche und mitgetheilte 146. 242. Glas- und Harzelektrizität 251. entgegengesetzte 163. 191. 197. 253. medizinische 187. verstärkte 198. thierische 369. durch Wärme 208. durch Vertheilung 295. durch Verdünstung 307. Einfluß auf die Pflanzen 366. Luftelektrizität 359. Uebersicht ihrer Gesetze 301. Franklins Theorie 375. de Luc's Theorie 383.
Elektrizitätssammler, II, 358.
Elektrometer, II, 265. Auslade-Elektrometer 321.
Elektrophor, II, 341. doppelter 352. Luftelektrophor 353.
Elevation, s. Polhöhe.
Emanations-System, I, 100.
Erde, Gestalt, II, 16. III, 4 ff. Umfang und Durchmesser, I, 5. II, 16. III, 8. Achse, III, 4. Umdrehung und Bewegung um die Sonne I, 12. Störungen in ihrer Bewegung II, 72.
Erdkugel, künstliche III, 10.
Eudiometer, III, 293.

Farben, Entstehung, I, 151. ff. weiße 160. schwarze, ebend. prismatische 172. 235.
Fernrohr, I, 285. 357.

galileiſches 363. aſtronomiſches 385. Erdrohr 458. achromatiſches 446. vergl. 280 und 428. in welchem Fall gemeine Fernröhre die Gegenſtände farbenlos darſtellen 449. Eigenſchaften eines guten 453. Erforderniß in Anſehung der Röhre 467.

Feuer, I, 306. III, 296 ff. Theorie 374. Löſchen 400.

Feuermaterie, III, 375.

Figuren, Lichtenbergiſche, II, 258.

Fixſterne, Entfernung von der Erde, I, 6. 117. 505. erſcheinen durchs Fernrohr kleiner 503. Bedeckung III, 74.

Flamme, der Lichter, III, 398.

Flaſche, Leydner, II, 308. Cavallo's tragbare 322. leuchtende 323. 324. Theorie 327.

Flugrad, II, 284.

Fluth, ſ. Ebbe.

Funke, elektriſcher, II, 145. 182. ſchneidender 317.

Gasarten, ſ. Luftarten, untere Luft.

Geſchwindigkeit, I, 8. II, 124.

Geſichtsfeld, I, 375. vergl. Fernrohr.

Gewicht, II, 8. ſpezifiſches, ſ. Schwere.

Gewitter, Meinung der ältern Philoſophen, II, 213. Erklärung des Descartes, ebend. — iſt eine Wirkung der Elektrizität 214 ff. 364. Entſtehung 217. 368. wie ſich ihre Entfernung beurtheilen läßt, I, 13.

Gläſer, optiſche, I, 257. wie ſie gemacht werden 268. erhabene 262. 265 ff. Brenngläſer 300 ff. hohle 263. 332. Objectiv- und Oculargläſer 363. zuſammengeſetztes Objectiv 420. mit Waſſer gefülltes 443. achromatiſches 446.

Glockenſpiel, elektriſches, II, 262. 285.

Grad, eines Kreiſes, III, 8.

Größe, Begriff, I, 3. ſcheinbare 187. 194. 338.

Halbkugel, nördliche und ſüdliche, III, 7.

Halbleiter, II, 239.

Helenen-Feuer, ſ. Kaſtor.

Himmel, blaue Farbe, I, 177. erſcheint als ein gedrucktes Gewölbe 517.

Horizont, II, 13.

Horizontallinie, II, 13.
Hundsgrotte, III, 241.

Irrlicht, III, 265.
Isoliren, II, 181. 240.
Jupiter, II, 65. Trabanten dienen zur Bestimmung der Länge, III, 66. Immersion und Emersion derselben, III, 67.

Kälte, III, 299. 327. durch Verdampfung 370. zieht die Körper zusammen, I, 83.
Kalk, III, 236. Kalkwasser 238. Kalkrahm 239. Metallkalk 396.
Kamera obskura, s. Zimmer, verfinstertes.
Kanal, magnetischer, s. Magnet, Theorie.
Kastor und Pollux, II, 231.
Katoptrik, I, 200.
Kissen, s. Reibzeug.
Kleistischer Versuch, s. Leydenscher Versuch und Flasche.
Klima, Verschiedenheit unter gleichen Breiten, III, 383.
Knallkügelchen, III, 353.
Knallluft, s. Luft, brennbare.

Körper, Wesen, II, 106. schallender, I, 14. durchsichtiger, I, 93. 161. dunkler, I, 94. 126. leuchtender, I, 126. flüssiger, III, 349. Aufgabe von drey, II, 61. Verschiedenheit in Rücksicht auf die Elektrizität, II, 146. 155. elektrischer, unelektrischer II, 237. leitender und nichtleitender II, 238. idioelektrischer und symperielektrischer, II, 242. leitender und nichtleitender des Wärmestoffs, III, 330.
Kometen, II, 42. Anzahl 67. Bahnen 69.
Kraft, II, 24.

Laden und Entladen, s. Flasche, Leydner.
Länge, geographische, III, 23 ff. Mittel, sie zu bestimmen 34 ff. kurze Uebersicht dieser Mittel 82.
Lampe, III, 398. elektrische 250.
Leere, Leydner, II, 324.
Leiter, s. Körper, leitender.
Leitungsfähigkeit, III, 330.
Leydenscher Versuch, II, 198. vergl. Leydensche Flasche.

Licht, Hypothesen über seine Natur, I, 98 ff. Eulers und Newtons Hypothesen verglichen 201 ff. Brechung 166. 232. 257. 539. Reflexion 130. 472. Geschwindigkeit 12. 99. 114. Strahlenkugel 184. chemische Wirkungen 241. 305. Wirkung auf die Pflanzen, II, 367. III, 224. in Verbindung mit der Feuermaterie 300. 375. elektrisches, II, 161.

Linsen, I, 287.

Luft, I, 56. III, 205. Elastizität, I, 57. Dichtigkeit 57. 60. in verschiedenen Höhen 71. Schwere 67. Druck 75. Durchsichtigkeit 160. Veränderung durch Wärme und Kälte 83. vergl. Thermometer. - geladene II, 325. Luftarten, III, 207 ff. respirable, mephitische 209. gemeine 210. dephlogistisirte 216. phlogistisirte 231. fixe 234. brennbare 245. Sumpfluft 262. Salpeterluft 290.

Luftpumpe, I, 66. Wilke's, III, 364.

Luftschiff, III, 267 ff.

Magnet, III, 105. 109. anomalischer 106. bewaffneter 153. künstlicher 142. Knight's künstlicher 179. Hufeisenförmiger 181. verschiedene Methoden künstliche zu verfertigen 163 ff. Indifferenz-Punkt und culminirender Punkt 169. Mittelpunkt 188. Wirkung zweyer auf einander 138. Theorie 124 ff. 186 ff.

Magnetnadel, III, 84. 90. Abweichung, ebend. Halley's Charte der Abweichungen 97 ff. Churchmanns Charte 104. Variation 98. Neigung 116. Wilke's Charte der Neigungen 123. Ursach ihrer Richtung 105. dient zur Auffindung der Länge 83 ff.

Magnetometer, III, 202.

Maler, wie sie die verschiedenen Entfernungen der Gegenstände bemerklich machen, I, 191. 530.

Markscheidekunst, III, 89.

Mars, Umlauf, II, 65.

Materie, II, 108. elektrische 149. 205. 236. magnetische III, 124. 188.

Mechanik, II, 60. 134.

Meer, grüne Farbe, I, 181.

Meereslänge, III, 30.

Meridian, s. Mittagskreis-

magnetischer, III, 90.

Merkur, Umlauf, II, 65.
Mikroskop, I, 286. einfaches 341. 348. Vergrößerung 345. zusammengesetztes 348. 350. Sonnenmikroskop 325.
Minute, Theil eines Kreises, III, 9.
Mittagskreis, III, 10. erster 22. 25.
Mittagslinie, III, 35.
Mittel, I, 166. arithmetisches, III, 335.
Mond, Entfernung von der Erde, I, 5. Bewegung, II, 73. wird durch die Schwere gegen die Erde getrieben, II, 30. Erscheinung beym Auf- und Untergehen, I, 195. 507. Ungleichheiten auf seiner Oberfläche, I, 502. Stärke seines Lichts verglichen mit dem Licht der Sonne, I, 253. 402. dient zur Bestimmung der Länge, III, 59. 71. Mondfinsterniß, I, 199. III, 59. Mondtafeln von Mayer, III, 78. 81.
Montgolfiere, III, 284. 288. vergl. Luftschiff.
Musik, wodurch sie Vergnügen erweckt, I, 42. Farbenmusik 176.
Neigung, magnetische, s. Magnetnadel.
Neigungsnadel, III, 122.
Nichtleiter, s. Körper, nichtleitender.
Nivellirkunst, II, 14.
Oktave, in der Musik, I, 21. 145. der Farben 175.
Optik, I, 188.
Ort, wahrer und scheinbarer eines Gestirns, I, 543.
Papinianischer Topf, III, 361.
Parallelkreis, III, 19.
Parkersche Maschine, III, 243.
Pendel, Einfluß der Wärme und Kälte darauf, III, 307. galgenartiges 308.
Pistole, elektrische, III, 249.
Planeten, I, 6. Bahnen, II, 68.
Platte, Kleistische, II, 318.
Pole, der Erde, III, 4. des Himmels, ebend. des Turmalins, II, 211. des Magnets, III, 106. 139.
Polhöhe, III, 32.
Phlogiston, III, 231.
Phosphor, I, 150. Verbrennung, III, 390.
Prisma, I, 235.
Pulshammer, III, 359.

Pyrometer, I, 83. Wedgwood's, III, 324.
Quadrat, einer Zahl, II, 55. elektrisches 318.
Quarte, I, 31.
Quinte, I, 29. 145.

Raum, leerer, ob er sich fortbewegen kann, II, 108.
Regen, elektrischer, II, 265.
Regenbogen, I, 174.
Reibzeug, II, 270.
Residuum, elektrisches, II, 311.
Richmannische Regel, III, 336.
Richtung, magnetische, III, 123.
Rückschlag, II, 296.
Ruhe, wirkliche und scheinbare, II, 118.

Salpeterstoff, III, 231.
St. Elms-Feuer, s. Kastor.
Saturn, Umlauf, II, 66. Trabanten, ebend.
Sauerbrunnen, III, 242. künstliche 243.
Sauerstoff, III, 257.
Schall, Geschwindigkeit, I, 11. Beschaffenheit und Fortpflanzung 14. 163.
Schatten, I, 196.
Scheitelpunkt, II, 13.
Schießpulver, I, 80. 110. durch den elektrischen Funken zu entzünden, II, 316. durch reflektirte Wärme, III, 385.
Schiffsrechnung, III, 46.
Schlagweite, II, 280.
Schmelzen, der Körper, III, 344.
Schornsteinfeger, Räthsel vom, I, 46.
Schrift, leuchtende, II, 245.
Schwefel, Verbrennung, III, 392.
Schwere, I, 67. II, 3. ist nicht einerley mit Gewicht, I, 68. - spezifische, I, 68. II, 11. Richtung, II, 12. 20. nimmt mit der Entfernung von der Oberfläche der Erde ab, II, 24.
Schwerkraft, System der allgemeinen, II, 39.
Schwimmen, III, 268. ff.
Schwungstuhl, III, 70.
Sehen, wie es geschieht, I, 129.
Sehwinkel, I, 186.
Sekunde, in der Musik, I, 32. Theil eines Kreises, III, 9.
Semitonium, I, 40.
Septime, I, 32.
Sexte, große, I, 34.
Siedpunkt, III, 317.

Sinne, ihre Zuverlässigkeit gegen die Skeptiker vertheidigt, I, 193.
Sonne, Entfernung von der Erde, I, 5. Erscheinung beym Auf- und Untergehen, 195. 507. mittlere und wahre Bewegung III, 49. erwärmt die Körper, I, 93. vergl. III, 379. Sonnenfinsterniß, I, 199. III, 65.
Sonnensystem, II, 64.
Spiegel, ebener, I, 247. 472. sphärische 253. 474. Brennspiegel 262. Spiegelteleskope 286. 442. 471. Newtonianisches 483. von Herschel 486. 497. Gregorianisches 489. Lassegrainsches 491.
Spinne, elektrische, II, 339.
Stern, s. Fixstern. - im Auge, I, 270. 273. elektrischer II, 193.
Strich, einfacher, III, 165. doppelter 170.
Sumpfluft, s. Luft.

Tag, Dauer desselben an verschiedenen Orten der Erde, III, 16.
Teleskop, s. Fernrohr, ingleichen Spiegel.
Terzie, I, 145. kleine 34. 37. große 37.
Thermometer, I, 85. III, 310 ff.
Thür, elektrische, II, 317.
Ton, musikalischer, I, 15. 144. höchster und tiefster 17. starker und schwacher 52. verschiedene Instrumente, ebend. - der menschlichen Stimme 53.
Trägheit, II, 135.
Turmalin, II, 210.

Uhr, vollkommene, wie sie beschaffen seyn müßte, III, 44. Mittel zur Bestimmung der Länge, ebend. - von Harrison 55. von Le Roy und Berthoud 56. von Mudge 57. - Pendeluhr, geht im Sommer langsamer als im Winter, I, 84. vergl. Pendel.
Undurchdringlichkeit, II, 109. 114.
Uranus, II, 66.

Variation, s. Magnetnadel.
Ventil, I, 79.
Venus, II, 65.
Verbrennen, III, 387.
Verkalchung, der Metalle, III, 396.
Vertheilung, elektrische, s. Elektrizität. - magnetische, III, 190.

Vertikallinie, II, 13. 20.
Verwandschaft, I, 229.
Grade der, III, 388 ff.
Vibrationssystem, I, 108 ff.

Wärme, Erklärung, III, 298. Wirkung auf die Körper, I, 83. III, 304. ff. absolute, spezifische, relative, thermometrische III, 340. ist in den obern Gegenden der Atmosphäre und in tiefen Kellern sich immer gleich, I, 90. ff. durch Reiben hervorgebracht III, 405. thierische, 406.
Wärmestoff, I, 241. III, 299. Feinheit 304. Gleichgewicht 326. freyer und gebundener 342. Beschaffenheit 374. Strahlung 385.
Wahlanziehung, I, 229.
Wage, II, 9. Wasserwage 14.
Wasser, Elastizität, I, 59. durch Verbrennung von dephlogistisirter und brennbarer Luft III, 253 ff. Verdampfung 350. Kochen 357. lischt das Feuer aus 401.
Wasserstoff, III, 256.
Welt, II, 69.
Wind, Geschwindigkeit, I, 10. Entstehung 65. 89.
Windbüchse, I, 77.
Wirbel, magnetischer, III, 135.
Wirkungskreis, elektrischer, s. Atmosphäre.
Wolken, Elektrizität, II, 217.

Zaubergemälde, II, 318.
Zauberlaterne, I, 322.
Zeit, mittlere und wahre, III, 49.
Zenith, s. Scheitelpunkt.
Zerstreuungspunkt, I, 332.
Zimmer, verfinstertes I, 268. 307.
Zitterfische, II, 374.
Zuleiter, II, 273.

Bayerische Staatsbibliothek München

Fig. 4.

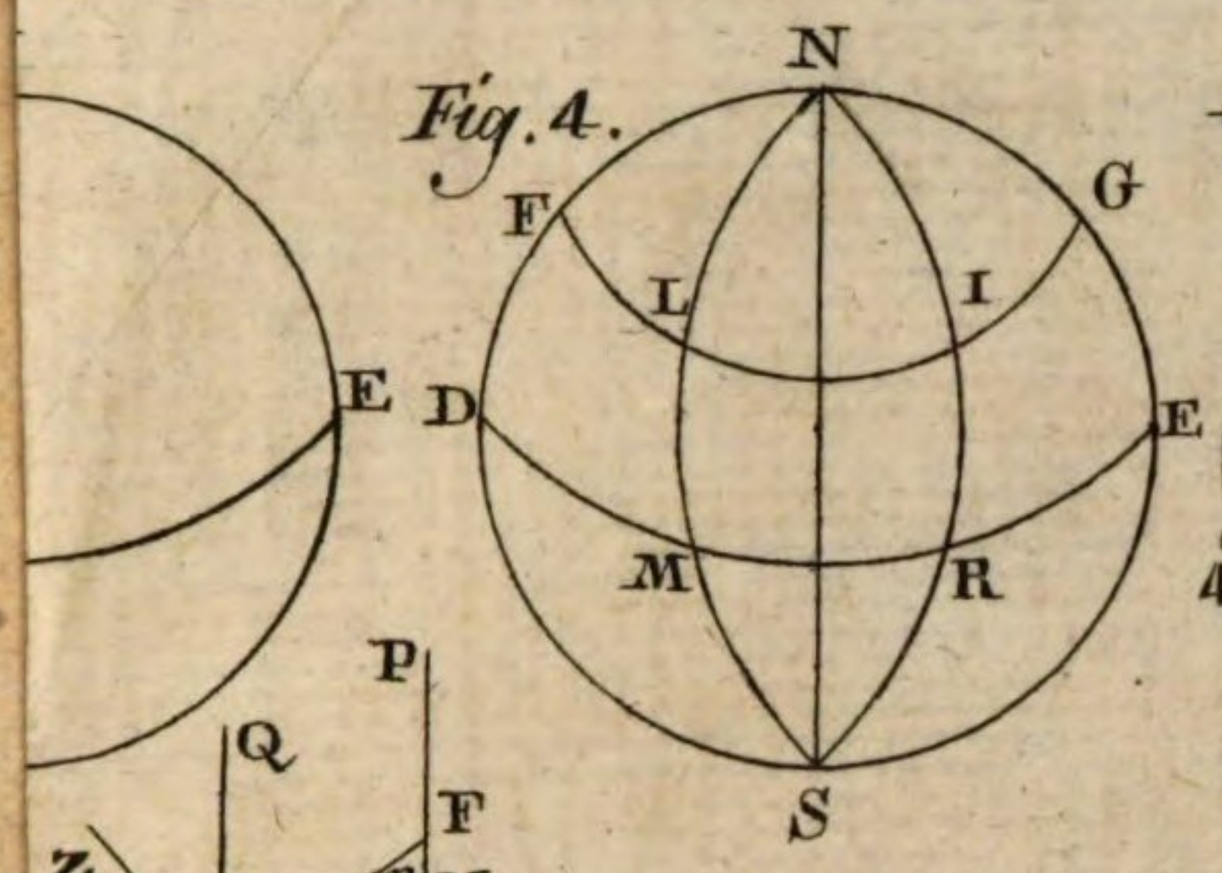
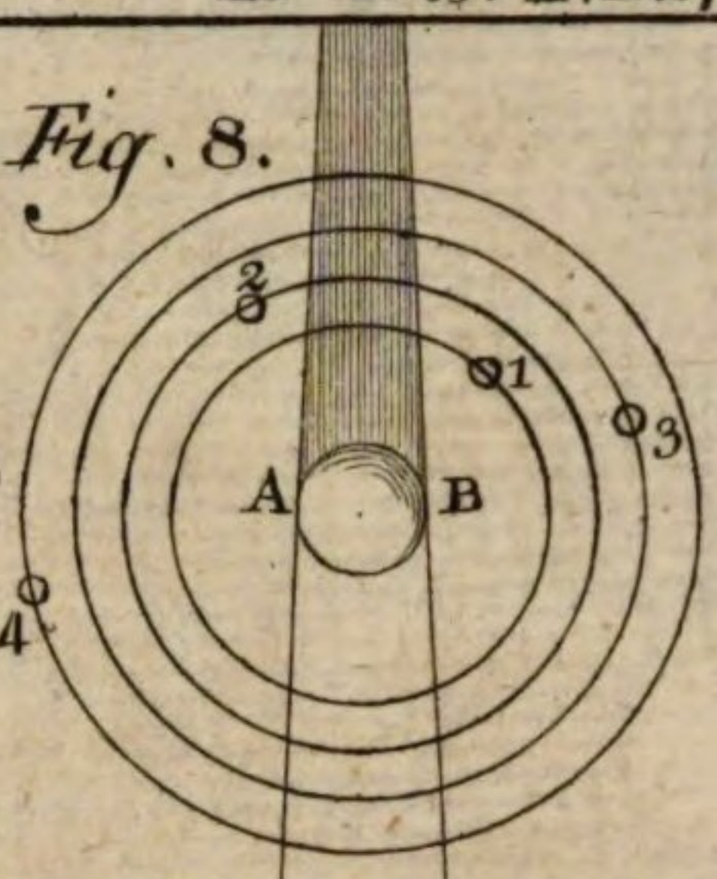
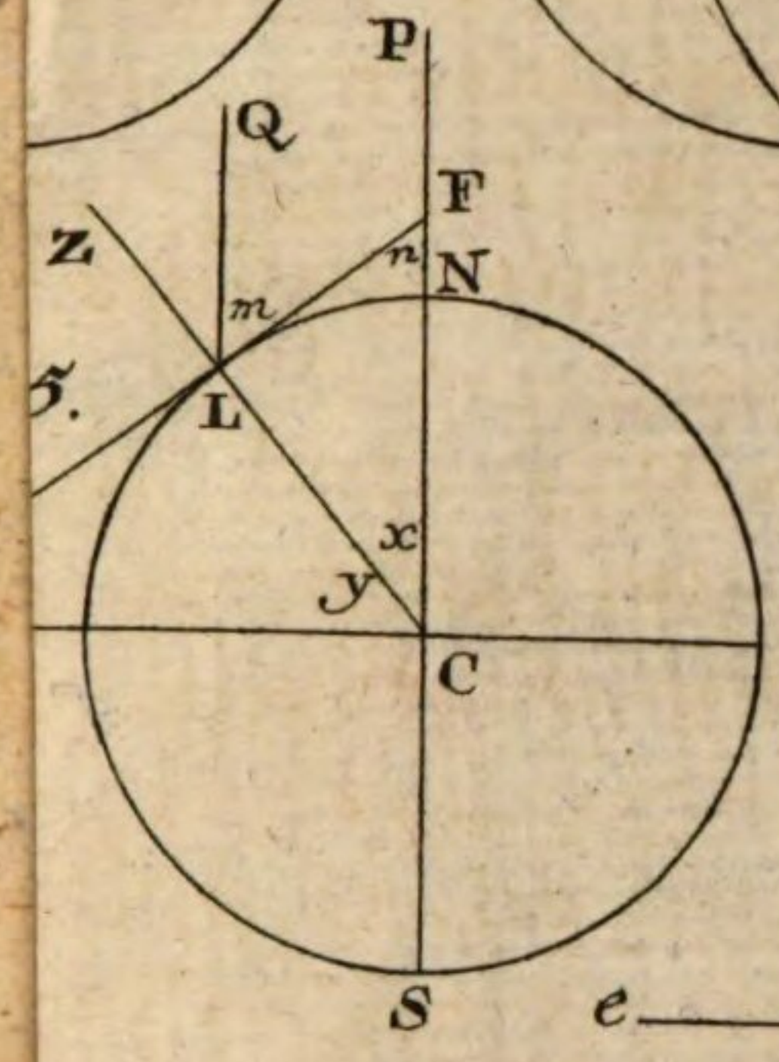


Fig. 8.





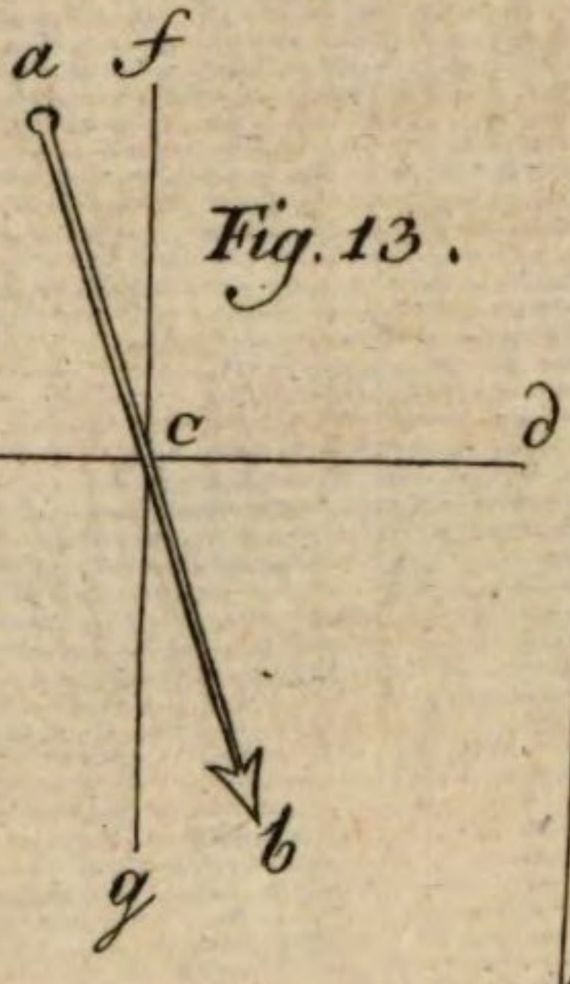
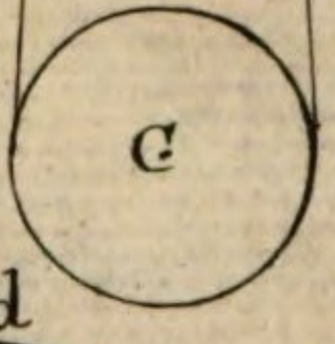


Fig. 13.



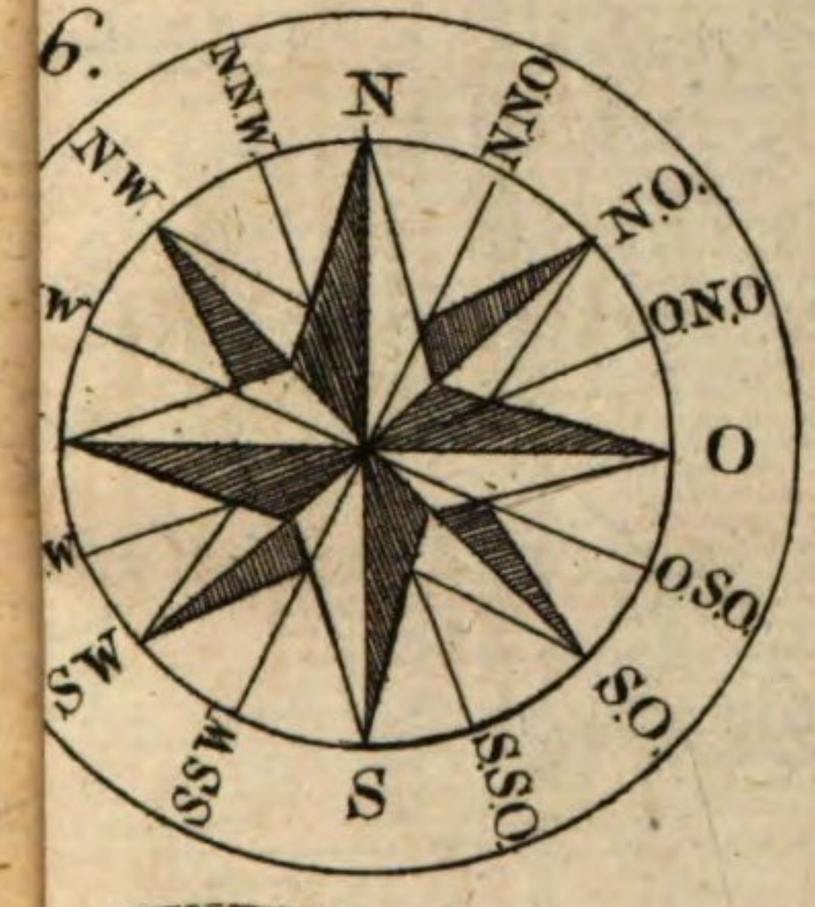
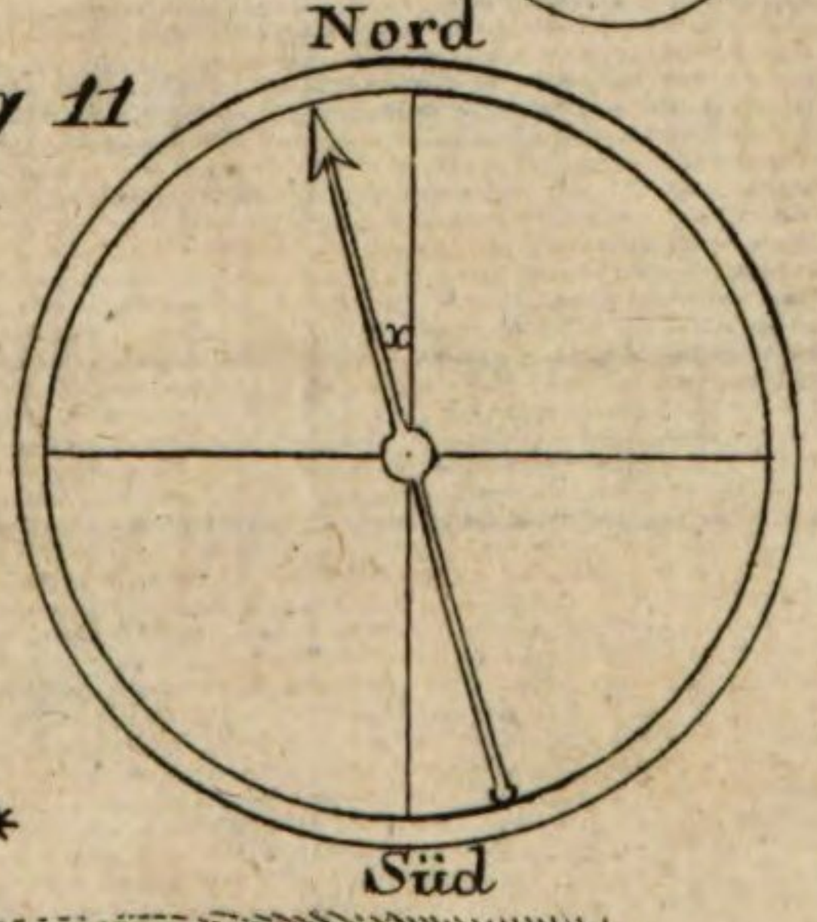


Fig 11



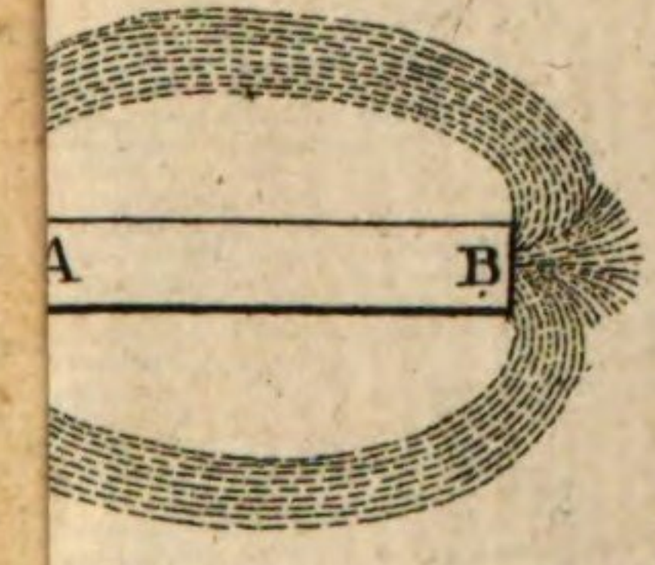


Fig. 14.*

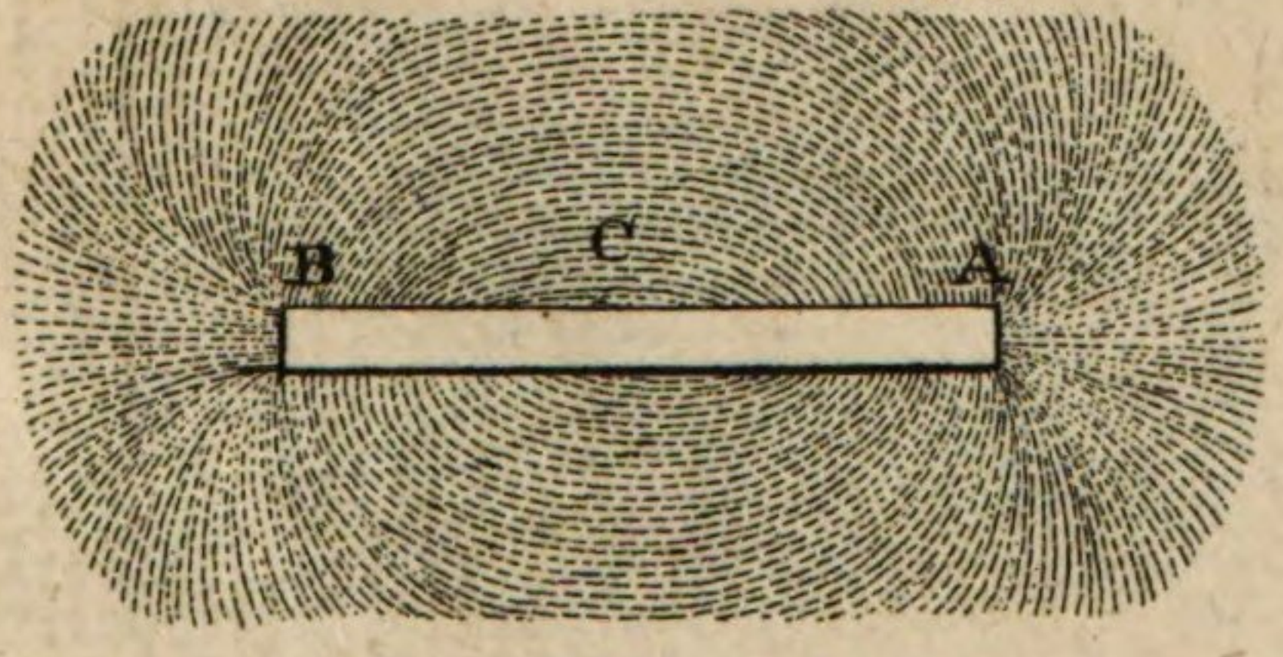
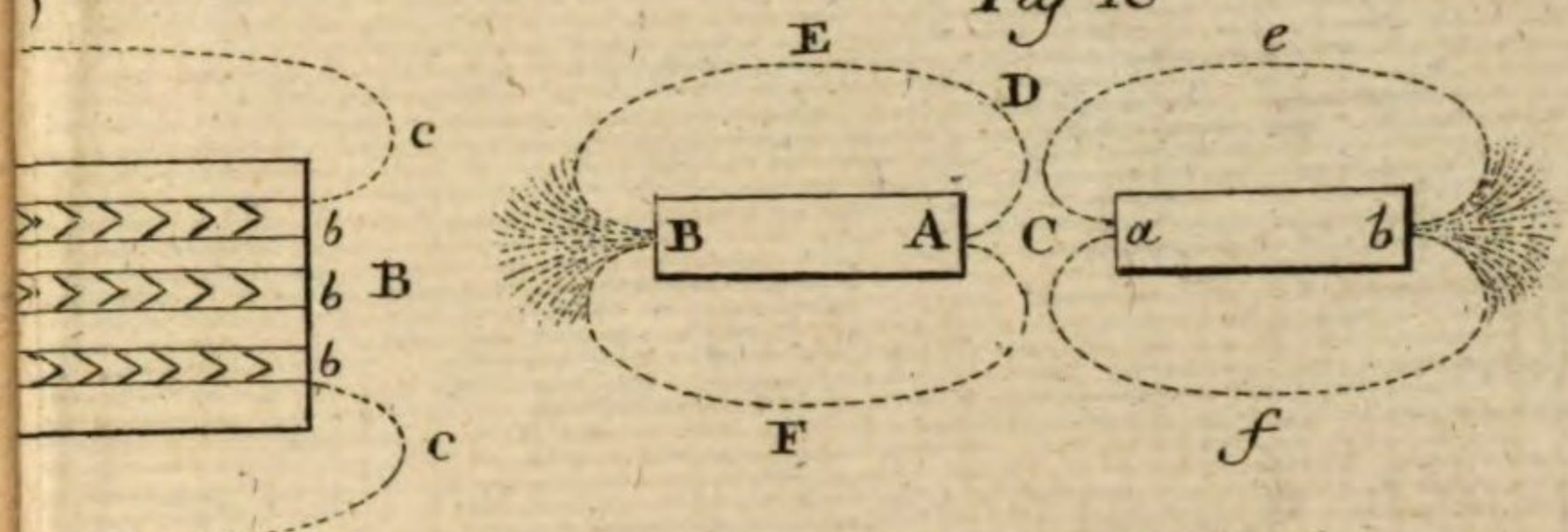


Fig 18



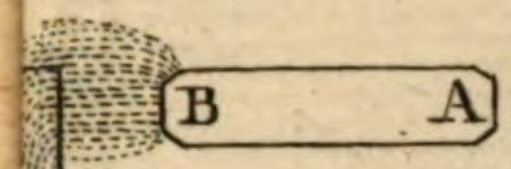


Fig. 23.

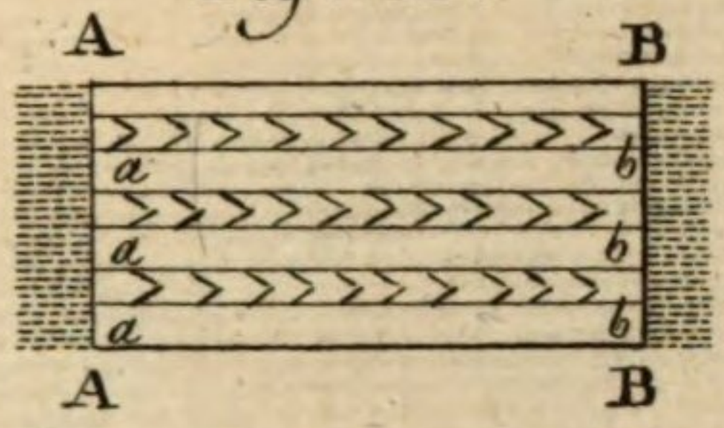


Fig. 24.

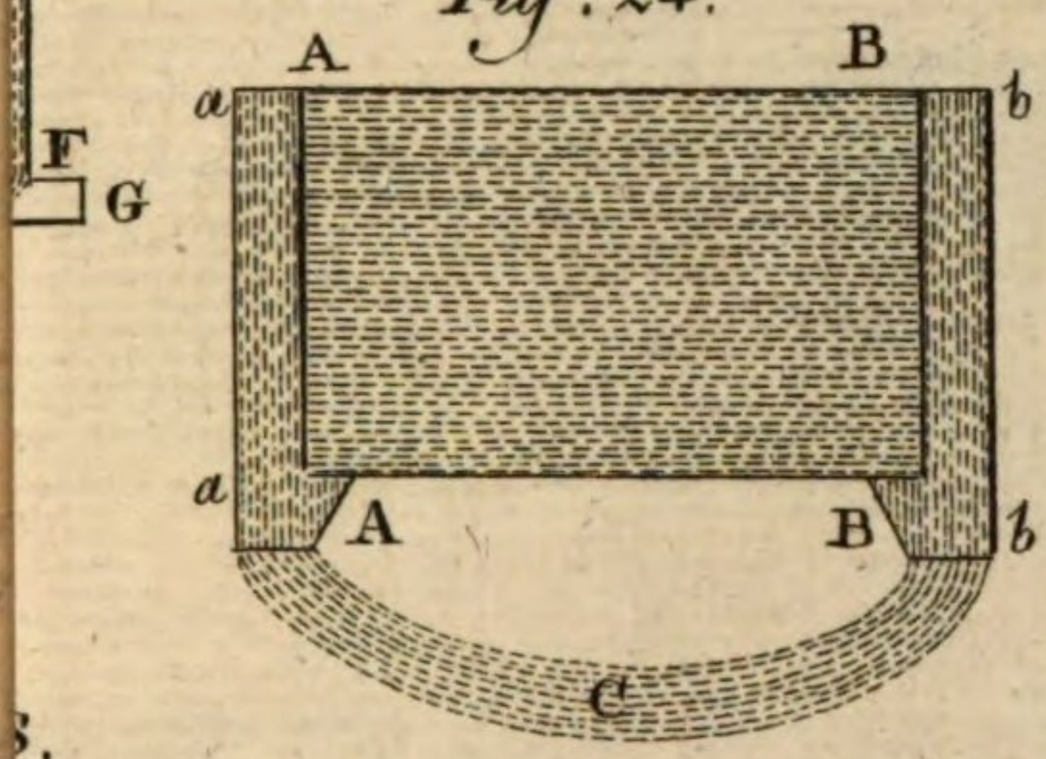
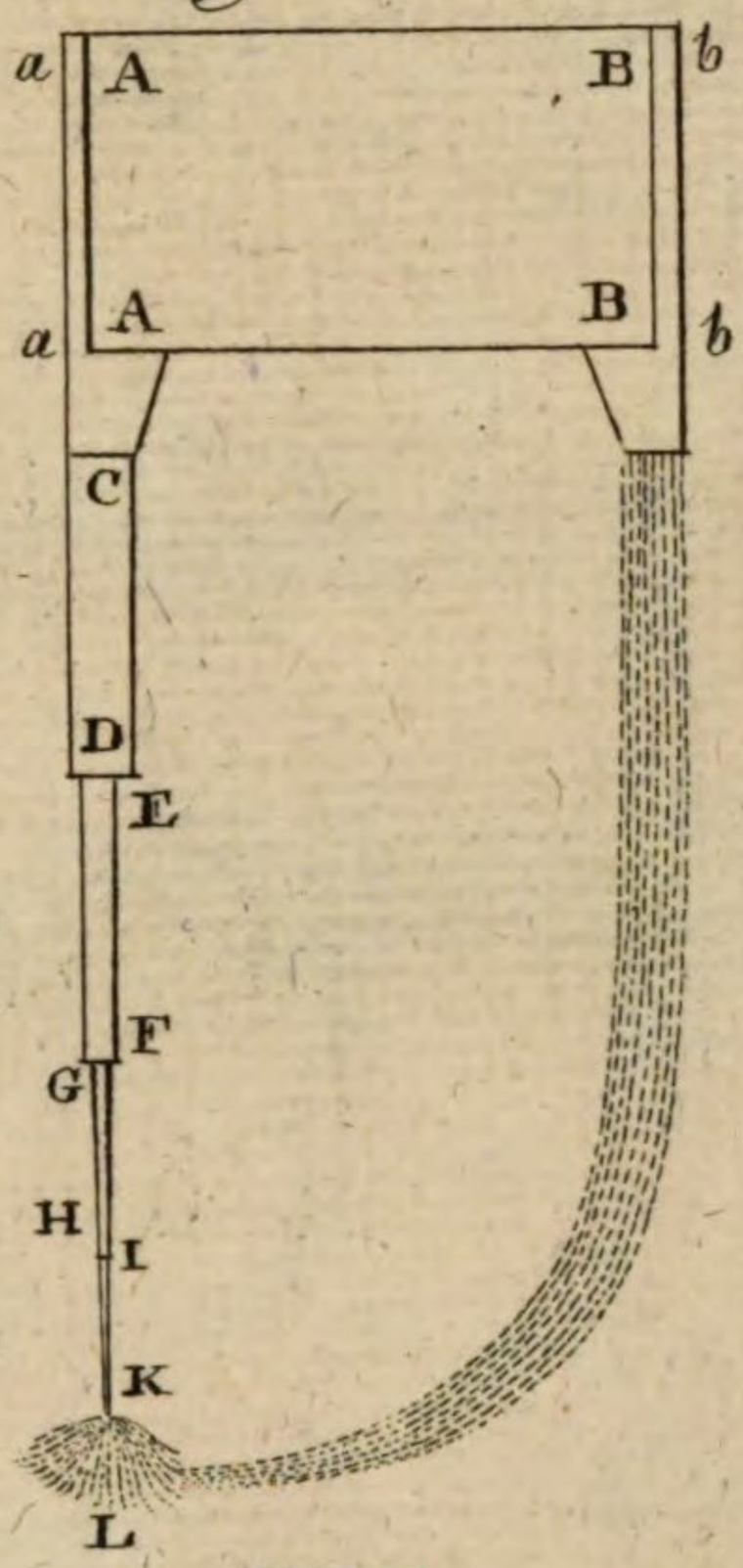


Fig. 25.



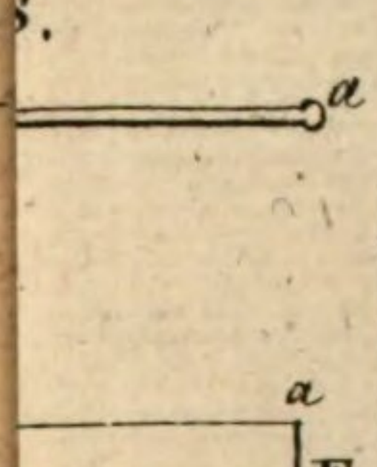


Fig. 30.

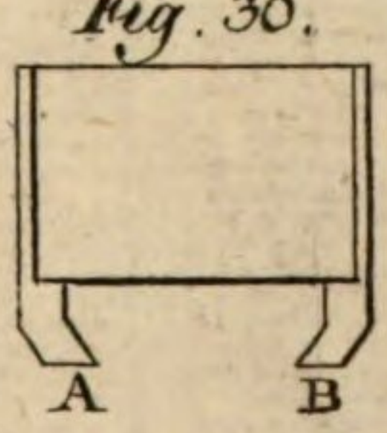
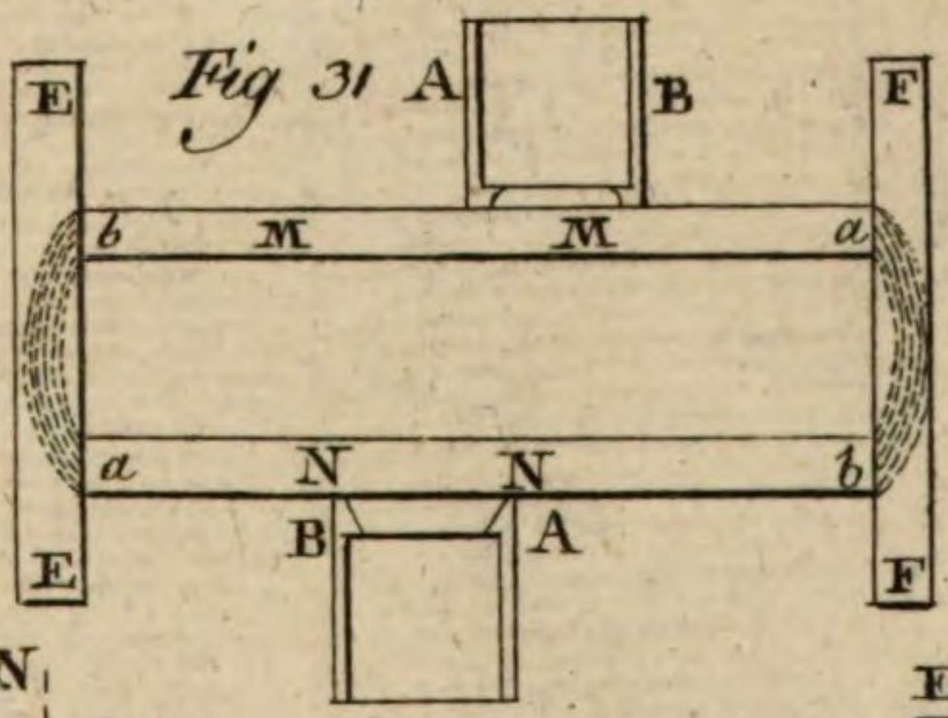


Fig 31



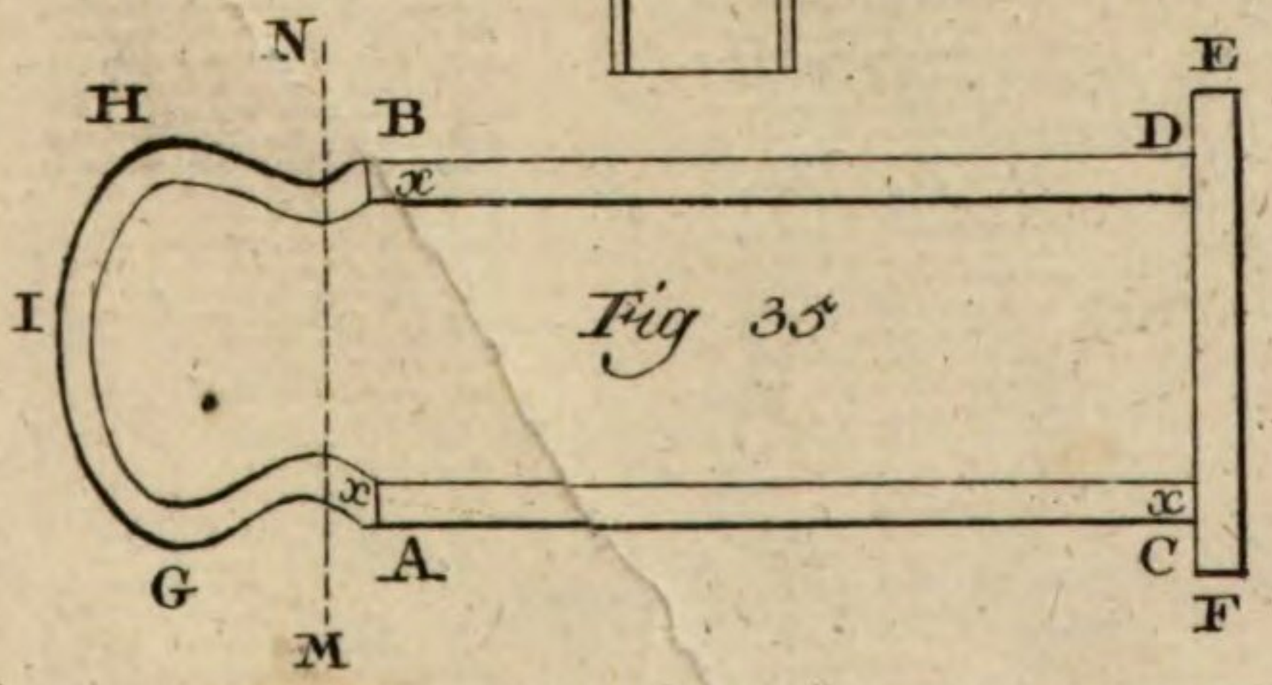


Fig 35

Fig. 37.

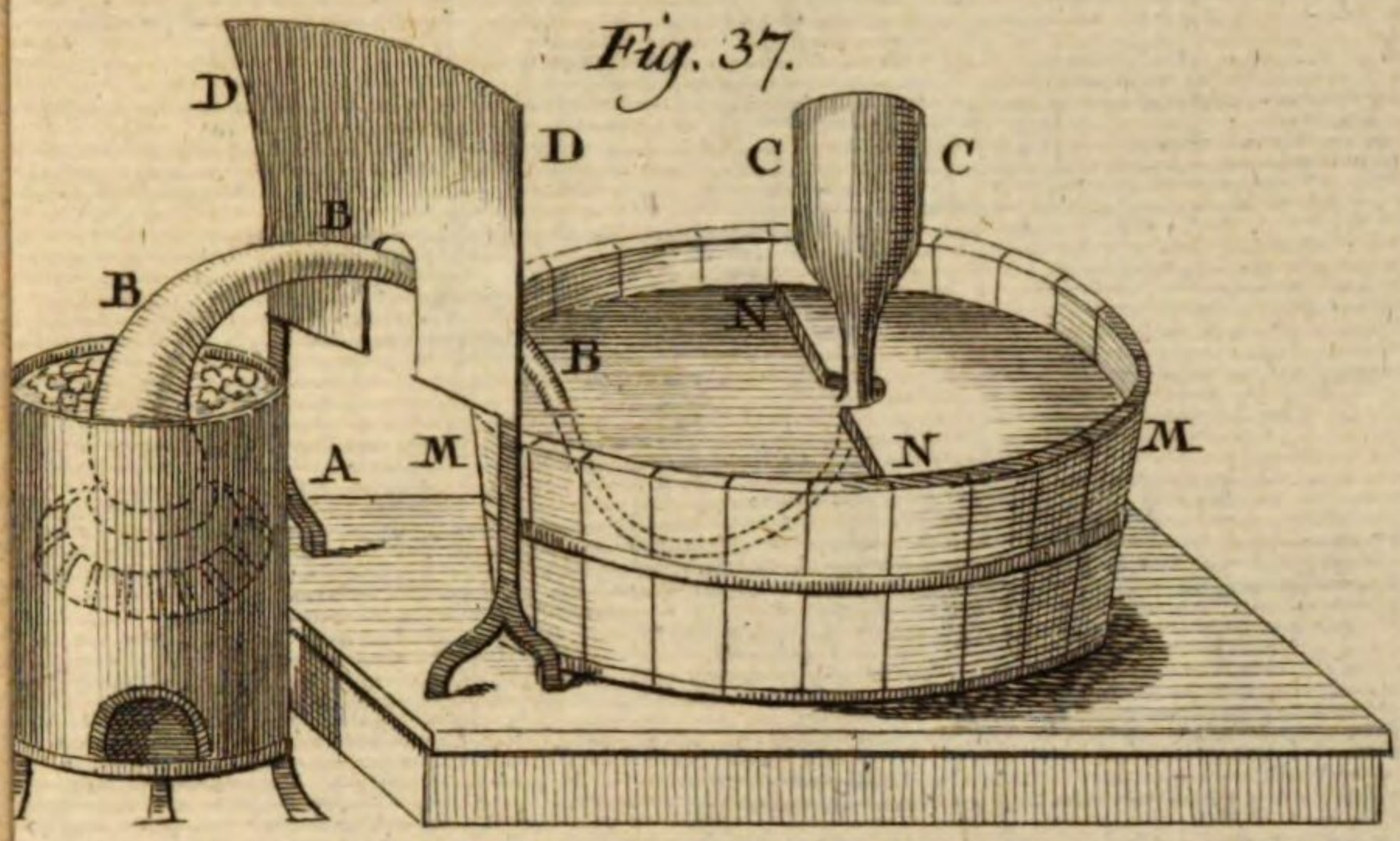
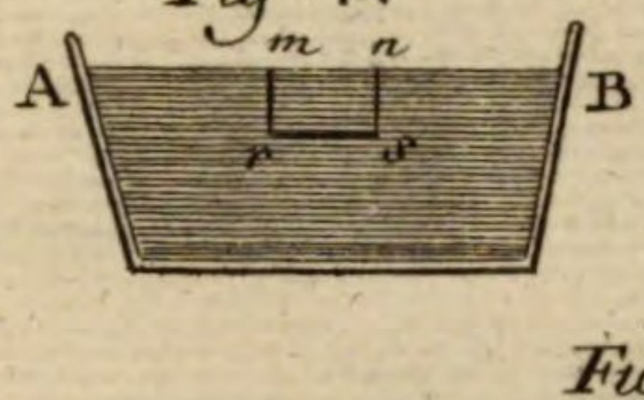


Fig 44



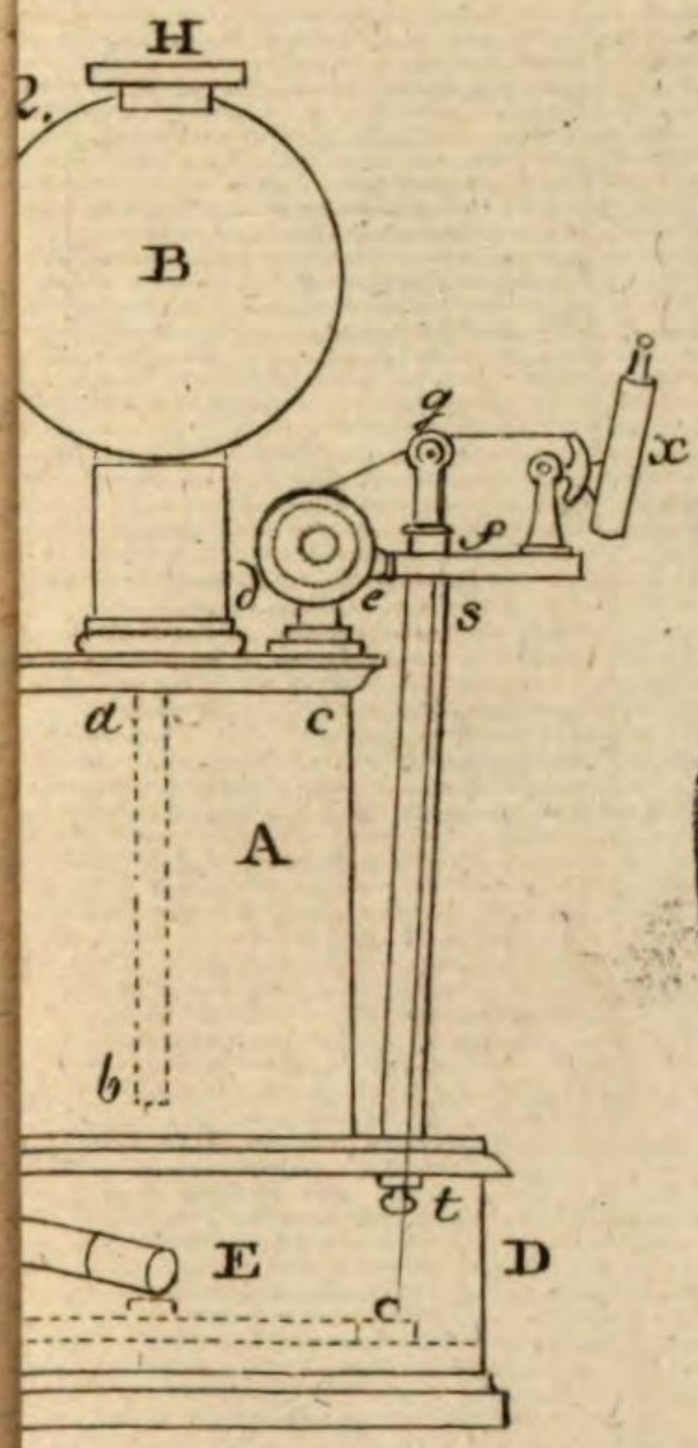


Fig. 45

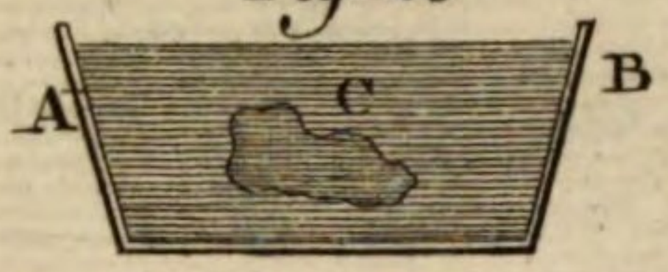


Fig. 46.

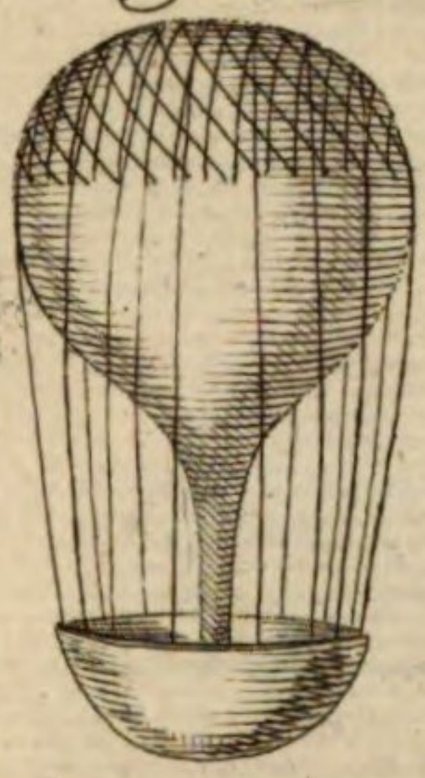


Fig. 47.

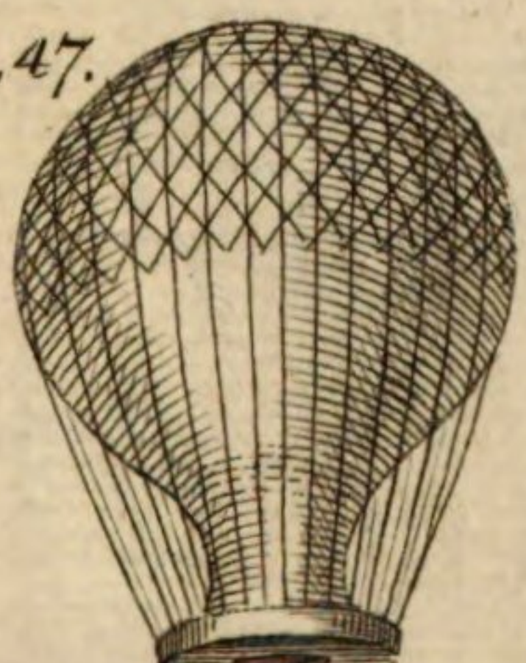
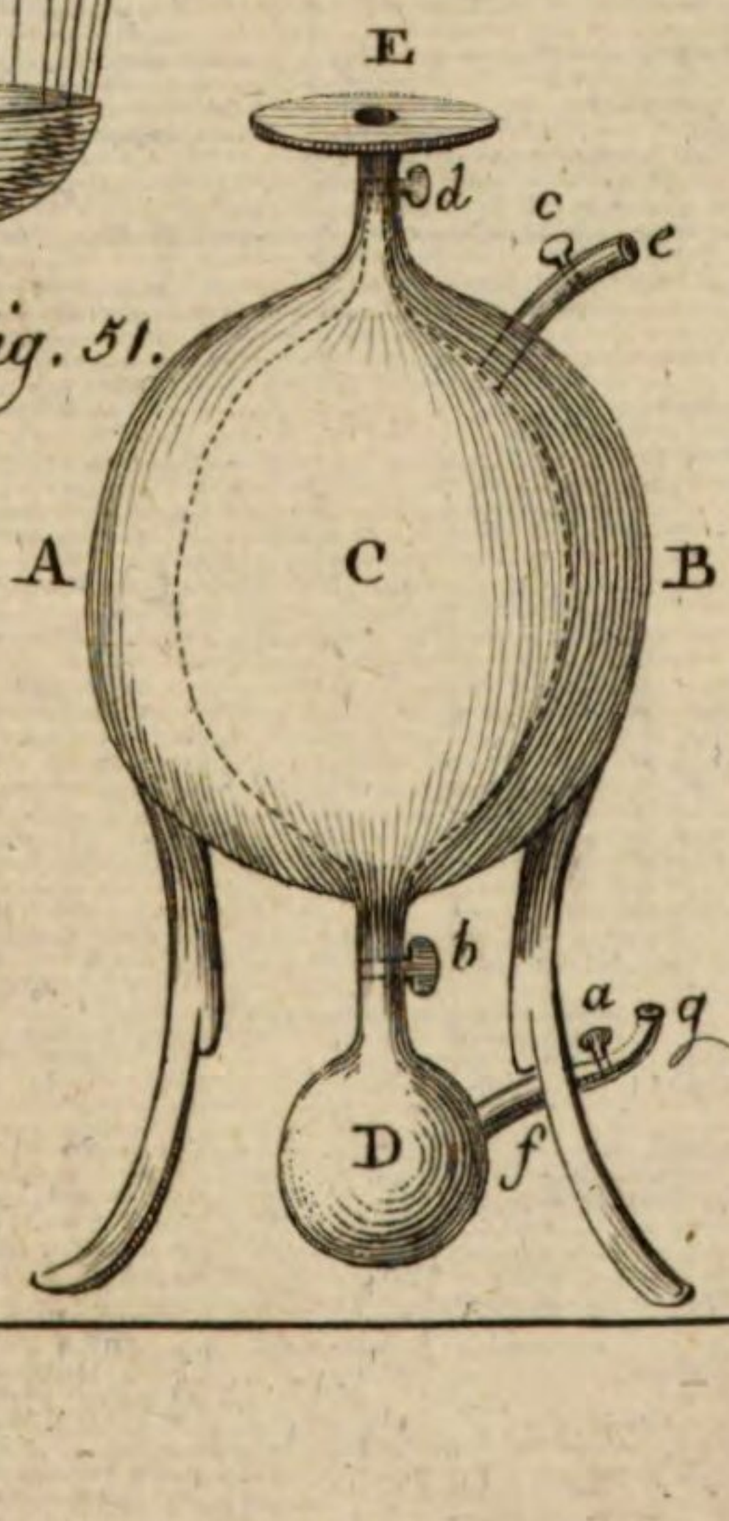


Fig. 51.



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Euler, Leonhard,

Leonhard Eulers Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre

Bd.: 3

Leipzig (1794)
Phys.g. 116-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130998-8
VD18 80264964-001